

GENERAL-PURPOSE DEMODULATOR AND COMMUNICATION WAVE ANALYZING DEVICE

Patent Number: JP5218914
Publication date: 1993-08-27
Inventor(s): WAKAYAMA SHIGEO; others: 02
Applicant(s): MITSUBISHI ELECTRIC CORP
Requested Patent: JP5218914
Application Number: JP19920195926 19920629
Priority Number(s):
IPC Classification: H04B7/00; G01R23/16; H03K9/00; H04L27/00
EC Classification:
Equivalents: JP3075846B2

Abstract

PURPOSE: To obtain a general-purpose demodulator and a communication wave analyzing device recognizing the modulation system of a reception signal and demodulating the signal even when the modulation system of the received communication signal is not clear.

CONSTITUTION: The device is provided with a modulation system recognizing means 4 recognizing the modulation system from the phase of a communication signal received by a receiver 2 and plural demodulator corresponding with each modulation system and a corresponding demodulator is selected among the demodulators 6 by the number of modulation systems based on the result of the recognition of the modulation system recognizing means 4. Moreover, and expert analyzing device, a fuzzy inference or a neural network are adopted for the recognition of the modulation system.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平5-218914

(43) 公開日 平成5年(1993)8月27日

(51) Int.Cl. ⁵	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 4 B 7/00		9199-5K		
G 0 1 R 23/16	Z	8803-2G		
H 0 3 K 9/00		7402-5J		
H 0 4 L 27/00		9297-5K	H 0 4 L 27/00	Z
審査請求 未請求 請求項の数15(全 31 頁)				

(21) 出願番号	特願平4-195926	(71) 出願人	000006013 三菱電機株式会社 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号
(22) 出願日	平成4年(1992)6月29日	(72) 発明者	若山 栄夫 兵庫県尼崎市猪名寺2丁目5番1号 三菱電機マイコン機器ソフトウェア株式会社内
(31) 優先権主張番号	特願平3-185292	(72) 発明者	福井 毅 兵庫県尼崎市塚口本町8丁目1番1号 三菱電機株式会社通信機製作所内
(32) 優先日	平3(1991)6月28日	(72) 発明者	雑賀 正弘 兵庫県尼崎市猪名寺2丁目5番1号 三菱電機マイコン機器ソフトウェア株式会社内
(33) 優先権主張国	日本 (J P)	(74) 代理人	弁理士 早瀬 憲一
(31) 優先権主張番号	特願平3-176721		
(32) 優先日	平3(1991)7月17日		
(33) 優先権主張国	日本 (J P)		
(31) 優先権主張番号	特願平3-176722		
(32) 優先日	平3(1991)7月17日		
(33) 優先権主張国	日本 (J P)		

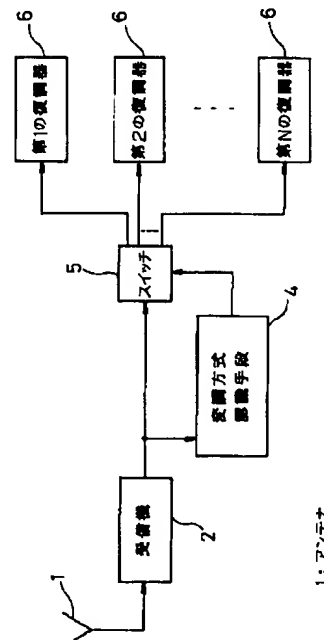
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 汎用復調装置および通信波形解析装置

(57) 【要約】

【目的】 受信した通信信号の変調方式が不明な場合でも、受信信号の変調方式を認識してこれを復調できる汎用復調装置および通信波形解析装置を得る。

【構成】 受信機2により受信された通信信号の位相からその変調方式を認識する変調方式認識手段4と、各変調方式に対応する複数の復調器を設け、変調方式認識手段4の認識結果に基づいて、変調方式分の復調器6の中から対応する復調器を選択するようにした。また、変調方式の認識に、エキスパート解析装置やファジィ推論やニューラルネットワークを用いるようにした。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 デジタル無線変調された通信信号を受信し、復調するデジタル通信受信装置において、受信信号の複数の種類の復調方式の各々に対応する複数の種類の復調器と、

受信信号の変調方式を認識する変調方式認識手段と、該変調方式認識手段による認識結果に基づいて、前記複数の種類の復調器から対応する復調器を選択する復調器選択手段とを備えたことを特徴とする汎用復調装置。

【請求項2】 前記変調方式認識手段は、受信信号の位相を90度ずらす移相器と、前記受信信号を入力し、該受信信号の包絡線を検波する第1の包絡線検波器と、前記移相器の出力を入力し、前記90度位相のずれた受信信号の包絡線を検波する第2の包絡線検波器と、前記第1、第2の包絡線検波器の出力を入力し、それぞれの検波後の位相レベルをX軸、Y軸とするIQパターン平面上に展開するIQパターン計算手段と、前記IQパターン平面上のピーク数を検出するピーク検出手段とから構成され、該ピーク数に基づいて受信信号の変調方式を認識することを特徴とする請求項1記載の汎用復調装置。

【請求項3】 前記第1、第2の包絡線検波器と、前記IQパターン計算手段との間に、前記第1、第2の包絡線検波器の出力をそれぞれ入力し、該出力に含まれる雑音を除去する第1、第2の雑音除去手段と、該第1、第2の雑音除去手段の出力をそれぞれ入力し、雑音により変化した位相を補正する第1、第2の位相補正手段とを設けたことを特徴とする請求項2記載の汎用復調装置。

【請求項4】 デジタル無線変調された通信信号を受信し、受信信号の変調方式を認識する通信波形解析装置において、受信信号の位相を90度ずらす移相器と、前記受信信号を入力し、該受信信号の包絡線を検波する第1の包絡線検波器と、前記移相器の出力を入力し、前記90度位相のずれた受信信号の包絡線を検波する第2の包絡線検波器と、前記第1、第2の包絡線検波器の出力を入力し、それぞれの検波後の位相レベルをX軸、Y軸とするIQパターン平面上に展開するIQパターン計算手段と、前記IQパターン平面上のピーク数を検出するピーク検出手段とから構成され、該ピーク数に基づいて受信信号の変調方式を認識することを特徴とする通信波形解析装置。

【請求項5】 前記第1、第2の包絡線検波器と、前記IQパターン計算手段との間に、前記第1、第2の包絡線検波器の出力をそれぞれ入力し、該出力に含まれる雑音を除去する第1、第2の雑音

除去手段と、

該第1、第2の雑音除去手段の出力をそれぞれ入力し、雑音により変化した位相を補正する第1、第2の位相補正手段とを設けたことを特徴とする請求項4記載の通信波形解析装置。

【請求項6】 実空界伝搬における通信波の波形解析を行なう通信波形解析装置において、到来通信波のスペクトラム解析を行なうスペクトラム解析装置と、

10 到来通信波の位相解析を行なう位相解析装置と、前記スペクトラム解析装置の解析結果及び前記位相解析装置の解析結果から上記到来通信波の変調諸元を判定するエキスパート解析装置とを備えたことを特徴とする通信波形解析装置。

【請求項7】 前記スペクトラム解析装置として、高速フーリエ変換装置および最大エントロピー法装置を備えたことを特徴とする請求項6記載の通信波形解析装置。

【請求項8】 請求項6または7記載の通信波形解析装置を最適復調方式判定装置として用い、
20 当該通信波形解析装置の出力に基づき、到来通信波をその変調諸元に応じた復調方式で復調する解析復調装置を備えたことを特徴とする汎用復調装置。

【請求項9】 通信信号を受信する受信装置と、この受信装置の受信出力信号をそれぞれスペクトル分析、位相分析および周波数分析するスペクトル解析装置、位相解析装置および周波数解析装置と、これら各解析装置の出力から前記通信信号の波形次元数に応じてそのピーク数の算出あるいは波形パターンの形状判定を行なう波形認識手段と、

30 この波形認識手段の解析出力をもとにあらかじめ記憶された変調方式判定ルールに従って変調方式を推定出力する変調方式推定手段と、

この変調方式推定手段より推定出力される変調方式データより算出すべき変調諸元を設定し、この設定値と前記波形認識手段の解析出力より前記通信信号の変調諸元データを算出する変調諸元算出手段とを備えたことを特徴とする通信波形解析装置。

【請求項10】 前記変調方式推定手段に変調方式の判定ルールを事例学習する学習機能を付加したことを特徴とする請求項9記載の通信波形解析装置。

【請求項11】 請求項9または10記載の通信波形解析装置を最適復調方式判定装置として用い、
40 当該通信波形解析装置の出力に基づき、到来通信波をその変調諸元に応じた復調方式で復調する解析復調装置を備えたことを特徴とする汎用復調装置。

【請求項12】 デジタル無線変調された通信信号を受信し、復調するデジタル通信受信装置において、前記通信信号の周波数を測定する周波数測定手段と、この周波数測定手段の周波数測定結果に基づいてその変調方式をファジィ推論により判別する変調方式判別手段

と、
復調する受信信号の変調の種類分の復調器と、
前記該変調方式判別手段による判別結果に基づいて、前記複数の種類分の復調器から対応する復調器を選択する復調器選択手段とを備えたことを特徴とする汎用復調装置。

【請求項13】 デジタル無線変調された通信信号を受信し、受信信号の変調方式を認識する通信波形解析装置において、
前記通信信号の周波数を測定する周波数測定手段と、
この周波数測定手段の周波数測定結果に基づいてその変調方式をファジィ推論により判別する変調方式判別手段とを備えたことを特徴とする通信波形解析装置。

【請求項14】 デジタル無線変調された通信信号を受信し、受信信号の変調方式を認識する通信波形解析装置において、
前記受信信号の位相を解析する位相解析手段と、
この位相解析手段の出力を入力するI/Qパターン生成手段と、
このI/Qパターン生成手段の出力から前記受信信号の変調方式を認識するニューラルネットワーク認識手段とを備えたことを特徴とする通信波形解析装置。

【請求項15】 デジタル無線変調された通信信号を受信し、復調するデジタル通信受信装置において、
前記受信信号の位相を解析する位相解析手段と、
この位相解析手段の出力を入力するI/Qパターン生成手段と、
このI/Qパターン生成手段の出力から前記受信信号の変調方式を認識するニューラルネットワーク認識手段と、
復調する受信信号の変調の種類分の復調器と、
前記ニューラルネットワーク認識手段による認識結果に基づいて、前記複数の種類分の復調器から対応する復調器を選択する復調器選択手段とを備えたことを特徴とする汎用復調装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 この発明は、汎用復調装置および通信波形解析装置に関し、特に、デジタル無線変調された通信信号を受信し復調する装置において、受信した通信信号の変調方式が不明な場合でも、その受信信号を復調できる汎用復調装置およびその変調方式の認識に用いられる通信波形解析装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 図38は、例えば電気通信協会出版 田中氏、中山氏共著「やさしいデジタル無線」で示された従来のデジタル通信受信装置の構成図であり、図において、1は受信アンテナ、2はこの受信アンテナ1に接続された受信機、3は受信機2の出力信号の変調を復調する復調器である。

【0003】 次に動作について説明する。受信アンテナ

1によって受信された通信信号は、受信機2に入力される。次いで、受信機2からの通信信号は、あらかじめ送受信双方で定められた特定の変調方式の復調が可能な復調器3に入力され、通信情報が抽出される。

【0004】 また、図39は、従来からの波形解析技法を示すものであり、図において、1001は解析対象波、1002はスペクトラム解析手段としてのFFT変換装置、1003はその出力である。

【0005】 次に動作について説明する。解析対象波1001は、FFT変換装置1002に入力され、高速フーリエ変換されてスペクトル解析され、解析結果1003として出力される。

【0006】 さらに、図40は、従来の、変調方式の他の判定のプロセスを示すもので、図において、2001は受信装置、2002は受信装置2001の出力信号をスペクトル分析するスペクトル解析装置、2003は受信装置2001の出力信号を位相解析する位相解析装置、2004は受信装置2001の出力信号の周波数を解析する周波数解析装置、2005は各解析装置の解析結果から変調方式を判定する解析専門家である。

【0007】 次に動作について説明する。変調された通信波は受信装置2001で受信され、その受信信号はスペクトル解析装置2002、位相解析装置2003、及び周波数解析装置2004に入力される。スペクトル解析装置2002からはスペクトル解析波形が出力され、位相解析装置2003からは、位相解析波形が出力される。また解析専門家の必要に応じて、周波数解析装置2004から必要な解析結果を出力させる。

【0008】 それらの出力結果の総合判断により、人間である解析専門家2005が変調方式を判定し、復調諸元を算出し報告する。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】 従来のデジタル通信受信装置は、以上のように構成されていたので、受信側は、送信側から送信される通信信号の変調方式をあらかじめ知っておかなければならず、送信側が、任意に変調方式を変更したり、送信側が未知の場合、受信信号を復調できない等の問題点があった。

【0010】 この発明は、上記のような問題点を解消するためになされたもので、受信した通信信号の変調方式が未知な場合でもこれを自動的に認識できるとともに、受信した信号の変調方式が、受信した信号を復調する復調器を選択することができる汎用復調装置を得ることを目的とする。

【0011】 また、従来のデジタル通信受信装置は、受信信号がFSK (Frequency Shift Keying) 変調信号の場合、変調の多値数(2値、4値等)の判断はできるが、FSK変調信号とPSK (Phase Shift Keying) 変調信号の区分及びPSK変調信号系の細部変調諸元の判別が困難であるなどの問題点があった。

【0012】この発明は、上記のような問題点を解消するためになされたもので、例えばSNR (Signal to Noise Ratio) が10dB等の高雑音下でもFSKとPSKの区分ができるとともに、PSK変調系の細部変調諸元の区分ができる通信波形解析装置を得ることを目的としている。

【0013】また、従来の変調方式解析手段は、解析専門家を養成しなければならず、それには多くの経験と素質が必要で、また24時間体制の稼働が困難であるなどの問題点があった。

【0014】この発明は上記のような問題点を解消するためになされたもので、解析専門家を必要とせずに変調方式を解析できるとともに、復調に必要な細部諸元が出力できる通信波形解析装置を得ることを目的とする。

【0015】

【課題を解決するための手段】この発明に係る汎用復調装置は、受信信号の複数の種類の変調方式の各々に対応する複数の種類分の復調器と、受信信号の変調方式を認識する変調方式認識手段と、該認識結果に基づいて複数の種類分の復調器から対応する復調器を選択する復調器選択手段とを備えたものである。

【0016】また、この発明に係る汎用復調装置は、受信信号の位相を90度ずらした信号を生成する移相器、移相器出力と受信信号それぞれの包絡線を検波する包絡線検波器、それぞれの検波後の位相レベルをXY軸とするIQパターン平面上に展開するIQパターン計算手段、IQパターン上のピーク数を検出するピーク検出手段により前記の変調方式認識手段を構成し、IQパターン上のピーク数により受信信号の変調方式を認識するようにしたものである。

【0017】また、この発明に係る汎用復調装置は、さらに前記変調方式認識手段を構成する包絡線検波器とIQパターン計算手段との間に、包絡線検波器の出力を入力しこれに含まれる雑音を除去する雑音除去手段と、雑音除去手段の出力を入力し雑音により変化した位相を補正する位相補正手段とを設けたものである。

【0018】また、この発明に係る通信波形解析装置は、受信信号の位相を90度ずらした信号を生成する移相器、移相器出力と受信信号それぞれの包絡線を検波する包絡線検波器、それぞれの検波後の位相レベルをXY軸とするIQパターン平面上に展開するIQパターン計算手段、IQパターン上のピーク数を検出するピーク検出手段により前記の変調方式認識手段を構成し、IQパターン上のピーク数により受信信号の変調方式を認識するようにしたものである。

【0019】また、この発明に係る通信波形解析装置は、さらに前記変調方式認識手段を構成する包絡線検波器とIQパターン計算手段との間に、包絡線検波器の出力を入力しこれに含まれる雑音を除去する雑音除去手段と、雑音除去手段の出力を入力し雑音により変化した位

相を補正する位相補正手段とを設けたものである。

【0020】また、この発明に係る通信波形解析装置は、通信波のスペクトラム解析装置を備えるとともに、通信波の位相解析装置を備え、さらに各解析装置の解析結果から到来通信波の変調諸元の判定を行うエキスパート解析装置を備えたものである。

【0021】また、この発明に係る通信波形解析装置は、スペクトラム解析装置として高速フーリエ変換装置の他に、さらに最大エントロピー法 (Maximum Entropy Method: MEM) 装置を備えるようにしたものである。

【0022】また、この発明に係る汎用復調装置は、上記エキスパート解析装置を有する通信波解析装置を最適復調方式判定装置として用い、当該通信波解析装置の判定出力に基づいて通信波を復調する手段を備えたものである。

【0023】また、この発明に係る通信波形解析装置は、解析装置の出力を分析する波形認識装置を付加すると共に、その認識結果ルール判定により、変調方式を判定し、細部復調諸元を出力するものである。

【0024】また、この発明に係る通信波形解析装置は、その認識結果ルールを事例学習する学習機能を有するものである。

【0025】また、この発明に係る汎用復調装置は、上記波形認識装置を有する通信波形解析装置を、最適復調方式判定装置として用い、当該通信波解析装置の判定出力に基づいて通信波を復調する手段を備えたものである。

【0026】また、この発明に係る汎用復調装置は、受信信号を入力し、受信信号の周波数を測定し、測定した結果から受信信号の変調方式をファジィ推論により判別し、判別した変調方式の受信信号を復調できる復調器を選択し、これに受信信号を入力するようにしたものである。

【0027】また、この発明に係る通信波形解析装置は、受信信号を入力し、受信信号の周波数を測定し、測定した結果から受信信号の変調方式をファジィ推論により判別するようにしたものである。

【0028】また、この発明に係る通信波形解析装置は、受信信号の位相を解析し、位相解析結果からIQパターンを生成し、生成したIQパターンの形状をニューラルネットワークに認識させ、変調方式を区分するようにしたものである。

【0029】さらに、この発明に係る汎用復調装置は、受信信号の位相を解析し、位相解析結果からIQパターンを生成し、生成したIQパターンの形状をニューラルネットワークに認識させ、変調方式を区分させ、その区分した結果に応じて通信波を復調する手段を備えたものである。

【0030】

【作用】この発明においては、受信信号の複数の種類の

変調方式の各々に対応する複数の種類分の復調器を設け、受信した通信信号の位相から通信信号の変調方式を認識し、この認識結果に基づいて該当する復調器を選択し復調するようにしたから、受信側が送信側から送信される通信信号の変調方式を知らない場合や、送信側に任意に変調方式を変更した場合でも、受信側は自動的に通信信号の変調方式を認識でき、通信信号を復調できる。

【0031】また、この発明の汎用復調装置における変調方式認識手段は、上記のように構成したから、受信信号の位相を90度ずらした信号が移相器により生成され、これと受信信号のそれぞれの包絡線が包絡線検波器により検波され、I Qパターン計算手段によりそれぞれの検波後の位相レベルをXY軸とするI Qパターン平面上に展開され、展開後、ピーク検出手段によりI Qパターン上のピーク数が検出され、このピーク数により受信信号の変調方式が認識される。

【0032】また、この発明の変調方式認識手段は、前記包絡線検波器とI Qパターン計算手段との間に、包絡線検波器の出力を入力しこれに含まれる雑音を除去する雑音除去手段と、雑音除去手段の出力を入力し雑音により変化した位相を補正する位相補正手段を設けるようにしたから、受信機等の雑音レベルが上昇しても、雑音の影響は抑圧され、正確にピーク検出ができる。

【0033】また、この発明の通信波形解析装置は、上記のように構成したから、受信信号の位相を90度ずらした信号が移相器により生成され、これと受信信号のそれぞれの包絡線が包絡線検波器により検波され、I Qパターン計算手段によりそれぞれの検波後の位相レベルをXY軸とするI Qパターン平面上に展開され、展開後、ピーク検出手段によりI Qパターン上のピーク数が検出され、このピーク数により受信信号の変調方式が認識される。

【0034】また、この発明の通信波形解析装置は、前記包絡線検波器とI Qパターン計算手段との間に、包絡線検波器の出力を入力しこれに含まれる雑音を除去する雑音除去手段と、雑音除去手段の出力を入力し雑音により変化した位相を補正する位相補正手段を設けるようにしたから、受信機等の雑音レベルが上昇しても、雑音の影響は抑圧され、正確にピーク検出ができる。

【0035】また、この発明における通信波解析装置は、到来通信波のスペクトラム解析を行い、位相解析装置により到来通信波の位相解析を行い、スペクトラム解析結果と位相解析結果からエキスパート解析装置により変調諸元を判定するようにしたから、FSKとPSKの区分、及び細部変調諸元の区分ができる。

【0036】また、この発明における通信波解析装置はFFT装置の他にMEM装置により到来通信波のスペクトラム解析を行うようにしたから、変調諸元により判定のしやすさが異なるFSK系を正確に判定できる。

【0037】また、この発明における汎用復調装置は、

上記エキスパート解析装置を有する通信波解析装置を最適復調方式判定装置として用い、当該通信波解析装置の判定出力に基づいて通信波を復調するようにしたから、変調方式が未知の通信波を変調諸元に応じて復調することができる。

【0038】また、この発明における通信波形解析装置の変調方式判定手段は、解析装置の出力を波形認識させ、その認識結果に必要な変調方式判定ルールを用いて、変調方式を判定する。また、波形認識過程において細部復調諸元を算出する。

【0039】また、この発明における通信波形解析装置は、その認識結果ルールを事例学習する学習機能を設けたので、変調方式が未知の通信波の場合についても、その変調方式を推定できる。

【0040】また、この発明における汎用復調装置は、上記波形認識装置を有する通信波形解析装置を、最適復調方式判定装置として用い、当該通信波解析装置の判定出力に基づいて通信波を復調する手段を備えたので、解析専門家を必要とせずその復調が可能となる。

【0041】また、この発明における汎用復調装置の変調方式判別手段は、周波数測定手段から受信信号の瞬時周波数を入力し、これをあらかじめ設定した周波数を中心周波数とするグループのいずれかに属するかをファジィ推論により推定し、規定回数の繰り返し後、入力した瞬時周波数が属しているグループの数から受信信号の変調方式に対応した復調器に入力するようにスイッチを操作し、復調させるものである。

【0042】また、この発明における通信波形解析装置は、周波数測定手段から受信信号の瞬時周波数を入力し、これをあらかじめ設定した周波数を中心周波数とするグループのいずれかに属するかをファジィ推論により推定するようにしたものである。

【0043】また、この発明における通信波形解析装置のニューラルネットワーク認識手段は、I Qパターン生成手段から受信信号の位相解析情報により生成されるI Qパターンを入力し、このI Qパターンの形状を認識するようにあらかじめ学習させたニューラルネットワークを用いて認識することにより、通信波の変調諸元を解析する。

【0044】さらに、この発明における汎用復調装置のニューラルネットワーク認識手段は、I Qパターン生成手段から受信信号の位相解析情報により生成されるI Qパターンを入力し、このI Qパターンの形状を認識するようにあらかじめ学習させたニューラルネットワークを用いて認識することにより、通信波の変調諸元を解析し、その解析結果に基づいて通信波を復調する。

【0045】

【実施例】以下、この発明の一実施例を図について説明する。図1はこの発明の一実施例による汎用復調装置としてのデジタル通信受信装置の構成を示す図であり、

図において、1はアンテナ、2はアンテナ1で受信した信号を入力する受信機、4は受信機2の出力を入力し、受信信号の変調方式を認識する変調方式認識手段、5は変調方式認識手段4の出力で制御され、受信機2の出力をいずれかの復調器に出力するスイッチ、6は復調する対象の変調方式がそれぞれ異なりスイッチ5から入力された信号を復調する、N個の前記第1～第Nの復調器である。

【0046】また、図2に図1のデジタル通信受信装置に内蔵された通信波形解析装置としての変調方式認識手段4の一構成例を示す。図において、7は入力する受信機2の出力信号の位相を90度ずらす移相器、8aは受信信号を入力とし、受信信号の包絡線を検波する包絡線検波器（第1の包絡線検波器）、8bは移相器7からの出力信号を入力とし、該信号の包絡線を検波する包絡線検波器（第2の包絡線検波器）、9は前記2つの包絡線検波器8a、8bの出力を入力し、包絡線検波器8aで検波後の位相レベルをX軸、包絡線検波器8bで検波後の位相レベルをY軸とするIQパターン平面上に展開するIQパターン計算手段、10はIQパターン計算手段9の出力であるIQパターン平面上に存在するピークの数を検出し、前記スイッチ5にスイッチングのための制御情報を出力するピーク検出手段である。

【0047】次に動作について説明する。アンテナ1で受信された受信信号 $x(t)$ は受信機2を経て、変調方式認識手段4とスイッチ5に入力される。変調方式認識手段4では、移相器7で90度位相をずらした信号 $x'(t)$ を生成する。そして、 $x(t)$ 、 $x'(t)$ は、それぞれ包絡線検波器8a、8bに入力される。今、 $x(t)$ 、 $x'(t)$ が(1)、(2)式で示される信号とすると、包絡線検波器8a、8bの出力 $s(t)$ 、 $s'(t)$ は(3)、(4)式で表わされる。

$$【0048】x(t) = \cos(\omega t + \phi) \quad \dots(1)$$

$$x'(t) = \sin(\omega t + \phi) \quad \dots(2)$$

$$s(t) = \cos(\phi) \quad \dots(3)$$

$$s'(t) = \sin(\phi) \quad \dots(4)$$

【0049】式中の ϕ は、変調方式及び伝送データにより変化する。ここで、 $s(t)$ 、 $s'(t)$ は瞬時的には固定値なので、IQパターン計算手段9は、例えば $s(t)$ をx軸、 $s'(t)$ をy軸とするxy平面上にその交点を展開する。図3にIQパターンの一例を示す。図3(a)はBPSK(Binary Phase Shift Keying)変調方式、図3(b)はQPSK(Quadrature PSK)変調方式、図3(c)は $\pi/4$ シフトQPSK変調方式、図3(d)は16QAM変調方式のIQパターンである。

【0050】IQパターンは、x軸方向、y軸方向それぞれN等分された $N \times N$ の配列、 $H(i, j)$ ($i = 1, 2, \dots, N; j = 1, 2, \dots, N$)でピーク検出手段10に入力される。ピーク検出手段10は $H(i, j)$ の値からピークポイントを(5)式により判定し、その数uを求

める。

【0051】

【数1】

$$H(i, j) \geq 1 \quad : \text{ピーク}$$

$$H(i, j) = 0 \quad : \text{ピークでない} \quad \dots(5)$$

【0052】ピーク数uと変調方式には密接な関係があり、この関係に基づいてピーク数にあった復調器をスイッチ5により選択するように制御信号cをスイッチ5に出力する。図4にその動作フローを示す。まず、ピーク数uが2ならばBPSK復調器を選択する制御信号cを出力する(S12)、(S13)、(S20)。ピーク数uが4ならばQPSK復調器を選択する制御信号cを出力する(S14)、(S15)、(S20)。ピーク数uが8ならば $\pi/4$ シフトQPSK復調器を選択する制御信号cを出力する(S16)、(S17)、(S20)。ピーク数uが16ならば16QAM復調器を選択する制御信号cを出力する(S18)、(S19)、(S20)。スイッチ5は変調方式認識手段4より入力した制御信号cに従って、対応する復調器6に受信機2からの信号が流れるようにスイッチングを行う。

【0053】以上のように、本実施例においては、受信信号の位相を90度ずらした信号を移相器7により生成し、これと受信信号それぞれの包絡線を包絡線検波器8a、8bにより検波し、IQパターン計算手段9によりそれぞれの検波後の位相レベルをX軸、Y軸とするIQパターン平面上に展開し、展開後、ピーク検出手段10によりIQパターン上のピーク数を検出し、このピーク数により受信信号の変調方式を認識する変調方式認識手段4を設け、この認識結果に基づいてスイッチ5により、受信信号の複数の種類の変調方式の各々に対応する複数の種類分の復調器6の中から該当する復調器を選択し、受信信号を復調するように構成したので、送信側が任意に変調方式を変更したり、送信側の変調方式が未知な場合であっても受信側は受信した信号を復調することができる。

【0054】なお、上記実施例では、受信機雑音等の雑音レベルが上昇すると、IQパターンが図6に示すようになり、正確なピーク検出ができない。そこで、以下、雑音の影響を抑圧するように構成した変調方式認識手段を図5を用いて説明する。

【0055】即ち、図5は本発明のデジタル通信受信装置における変調方式認識手段（通信波形解析装置）の他の構成例を示す図であり、図において、7は受信機2の出力信号の位相を90度ずらす移相器、8aは受信機2の出力信号の包絡線を検波する包絡線検波器、8bは移相器7の出力信号の包絡線を検波する包絡線検波器、17a、17bはそれぞれ包絡線検波器8a、8bの出力信号に含まれる雑音を除去する雑音除去フィルタ（第1、第2の雑音除去フィルタ）、18a、18bはそれ

ぞれ雑音除去フィルタ17a, 17bの出力を入力し、雑音により微妙に変化した位相を補正し、雑音によるピークのばらつきをなくす位相補正手段(第1, 第2の位相補正手段)、9は位相補正手段18a, 18bの出力を入力し、I/Qパターンを計算するI/Qパターン計算手段、10はI/Qパターン計算手段9の出力からI/Qパターン上のピーク数を算出し、前記スイッチ5にスイッチングのための制御信号を出力するピーク検出手段である。本構成は、上記実施例の変調方式認識手段の構成に、さらに雑音除去フィルタ17a, 17b, 振幅レベ

a(t) : 被信号

$$v(t) = (1/W) \sum_{j=-m}^m w(j)a(t+j)$$

$$W = \sum_{j=-m}^m w(j)$$

【0058】ここで、包絡線検波器8aでは、a(t) = s(t) となり、包絡線検波器8bでは、a(t) = s'(t) となる。次に、雑音除去フィルタ17aの出力v(t)は位相補正手段18aに入力され、雑音除去フィルタ17bの出力v'(t)は位相補正手段18bに入力される。位相補正手段18a, 18bは雑音除去フィルタ17a, 17bの処理で生じた信号の歪みを補正し、I/Qパターン計算時の信号振幅値のピークのばらつきをなくすことを目的としている。

【0059】位相補正手段18a, 18bの動作フローを図7に示す。まず、位相補正手段18a, 18bに入力があると、立ち上げ後、1回目の入力有無かを判定する(S21)。ここで、1回目ならば入力した位相値を記憶する(S22)。そして、記憶した位相値を出力する(S23)。そして、次に雑音除去フィルタ17a, 17bからの入力信号待ちとなる(S24)。もし、(S21)で入力が2回目以降ならば、記憶している位相値と入力値の差を求める(S25)。(S25)で求めた差と設定値mとの比較を実施する(S26)。ここで、設定値mは雑音によるピークのばらつきを許容する限界値であり、あらかじめ設定されている。(S26)での比較の結果、(S25)で求めた差がmよりも大きければ、記憶している全ての値と(S25)の処理を実施終了したか否かを判定する(S27)。ここで、終了していなければ(S25)の処理に再帰する。逆に終了していれば、入力した位相値を新たに記憶する(S22)。そして、前記(S23), (S24)の処理を実施する。また、前記(S26)の処理で、(S25)の処理の差の結果が設定値m以下であれば、(S25)で用いた記憶内容を出力する(S26)。そして、次の入力待ち(S22)の処理へ移る。以上の(S21)~(S28)の動作が位相補正手段18a, 18bの動作である。

【0060】位相補正手段18a, 18bの出力はI/Q

* 補正手段18a, 18bを加えているのが特徴である。

【0056】次に、動作について説明する。移相器7と包絡線検波器8a, 8bの動作については前記実施例と同じである。雑音除去フィルタ17a, 17bは包絡線検波器8aの出力s(t), 包絡線検波器8aの出力s'(t)に対して、例えば(6)式に示す移動平均法により雑音を抑圧する。

【0057】

【数2】

t = 1, 2, ..., n

t = m+1, m+2, ..., m-m
... (6)

パターン計算手段9に入力される。I/Qパターン計算手段9の動作は前記実施例で示した動作と同じである。I/Qパターン計算手段9の出力を入力とするピーク検出手段10の動作についても同様に前記実施例で示した動作と同じである。

【0061】また、本実施例では雑音除去フィルタに移動平均法のアルゴリズムを用いた場合について説明したが、Wienerフィルタや周波数領域法、積算平均化法等であっても良く、上記実施例と同様の効果を奏する。

【0062】このような本実施例においては、上記実施例と同様に、送信側が任意に変調方式を変更したり、送信側の変調方式が未知な場合であっても受信した信号を復調することができる上、さらに、変調方式認識手段4に設けた雑音除去フィルタ17a, 17b, 振幅レベル補正手段18a, 18bにより受信機等の雑音の影響を抑圧するように構成したので、受信機等の雑音レベルが上昇した場合にも正確にピーク検出することができ、受信した信号を正確に復調することができる。

【0063】上記の各実施例では、通信波形のI/Qパターンを検出し、そのピーク値の個数に応じて変調方式を判別するようにしたが、以下では、エキスパート解析装置によりその変調方式を判定する、本発明のさらに他の実施例について説明する。

【0064】図8はエキスパート解析装置によりその変調方式を判定する本発明のさらに他の実施例による通信波形解析装置の構成を示すブロック図であり、図において、101は解析対象波、102は解析対象波101のスペクトラム解析装置としての高速フーリエ変換(Fast Fourier Transform: FFT)装置、103はFFT装置102の出力、104は解析対象波101のスペクトラム解析装置としての最大エントロピー法(Maximum Entropy Method: MEM)装置であり、105はMEM装置104の出力、106は解析対象波101の位相解析を行なう位相解析装置、107は位相解析装置105の

出力、108は出力103、出力105及び出力107を入力とし通信波形の解析を行なうエキスパート解析装置である。

【0065】次に、図8の実施例の動作について説明する。解析対象波101は位相解析装置106に入力され、位相解析が行われ、解析結果として出力107が出力される。図11は出力107の一例を示す図である。出力107は、エキスパート解析装置108に入力される。エキスパート解析装置108では、位相解析装置106の出力結果107をもとに、対象通信波101がFSK系であるかPSK系であるかを判定し、PSK系であれば、引つづき細部諸元について位相解析装置106の出力107をもとに解析を継続する。ここで図9からわかるように、S/N比が10dBの高雑音下においても、FSK系であるかPSK系であるかの判定、PSK系における細部諸元の解析は十分可能である。

【0066】またFSK系であれば、スペクトラム解析装置としてのFFT変換装置102及びMEM装置104の解析結果である出力103及び出力105を、エキスパート解析装置108で解析し細部変調諸元の解析を行う。図9はFFT装置102の出力103の一例を示す図、図10はMEM装置104の出力105の一例を示す図である。FSK系の変調諸元の判定はその諸元によりどの解析方式による結果から判定し易いかが異なり、また一つの解析方式による結果からは判定しにくい場合があるが、本実施例では複数の解析方式のスペクトラム解析装置を設けており、場合に応じて各結果出力を適宜用いることにより正確に判定することができる。

【0067】このように本実施例では、位相解析装置により通信波の位相解析を行い、FFT装置、及びMEM装置により通信波のスペクトラム解析を行い、これら位相解析結果及びスペクトラム解析結果から、エキスパート解析装置により波形の判定を行うようにしたから、FSK系であるかPSK系であるかの判定、及び各変調方式における細部変調諸元を自動的に判定することができる。

【0068】図12は本発明の他の実施例による汎用復調装置を示すブロック図であり、図において、図8と同一符号は同一又は相当部分である。また、109は図8の実施例による通信波形解析装置からなる最適復調方式判定装置、110は最適復調方式判定装置109の出力に基づいて通信波をその変調諸元に応じた復調方式により復調する解析復調装置である。

【0069】この解析復調装置110は基本的には図1に示すような複数の復調器と、最適復調方式判定装置の判別出力に応じて復調器を切替えるスイッチから構成される。

【0070】次に動作について説明する。到来通信波は図8の実施例による通信波形解析装置からなる最適復調方式判定装置109に入力され、上述と同様の動作によ

りその変調諸元が判定される。解析復調装置110は判定結果を受け、通信波をその変調諸元に応じた復調方式により復調する。

【0071】このように本実施例では、図8の実施例による通信波形解析装置を最適復調方式判定装置として用い、その判定結果に基づいて通信波をその変調諸元に応じた復調方式により復調するようにしたから、変調諸元が未知の通信波であってもこれを自動的に復調できる汎用復調装置を実現できる。

10 【0072】なお、上記実施例では、エキスパート解析装置の具体的な解析ルールについては言及しなかったが、以下ではこの解析ルールの具体的な一例について述べる。

【0073】図13は変調方式判別ルールを用いて細部変調諸元を判別できる本発明のさらに他の実施例による通信波形解析装置を示す。図13において、201は通信波の受信装置、202は受信装置201の受信信号をスペクトル解析するスペクトル解析装置、203は受信装置201の受信信号のI-Qパターンを出力する位相解析装置、204は受信装置201の周波数成分を解析し出力する周波数解析装置、250はこれら各解析装置202、203、204からの出力を基にエキスパート解析、即ち種々のルールが用意されたルールベースのなかから条件に適合するルールに基づき判定を行なう手法により変調方式の判別および変調諸元の算出を行い、結果を出力する自動通信波形解析装置である。

【0074】また、図14はこの自動通信波形解析装置250の構成を示す図であり、206は各解析装置202、203、204の出力波形から、変調方式の判別及び変調諸元の算出に必要な特徴を認識する波形認識手段であり、207は波形認識手段206の出力を基に、2値FSK、4値FSK等、その変調方式を判別する変調方式推定手段であり、208は波形認識手段206からの出力を基にセンタ周波数、伝送速度等、その変調諸元を算出する変調諸元算出手段である。

【0075】次に動作について説明する。受信装置201で受信された通信信号は、各解析装置202、203、204へそれぞれ出力される。スペクトル解析装置202では、フーリエ変換によりそのスペクトル解析を行い、位相解析装置203では、位相解析によりそのI-Qパターンを出力し、周波数解析装置204では通信信号の周波数解析によりその周波数成分を出力する。

【0076】図15はスペクトル解析結果出力の一例を示し、図16は位相解析による解析出力結果としてI-Qパターンの一例を示すものであり、これらはそれぞれ図9、図11のスペクトル解析波形及びI-Qパターン等の解析出力に相当するものである。スペクトル解析波形及びI-Qパターン等の解析出力は変調方式によりその差異が見られるため、変調方式によりその差異のルールを記述し、選択することにより変調方式の判別を行

い、また、スペクトル解析波形のピーク位置、数に基づいて周波数等変調方式により算出すべき変調諸元を算出する。

【0077】図17は波形認識手段206、図18は変調方式推定手段207、図19は変調諸元算出手段208の動作フローをそれぞれ示す図である。まず、波形認識手段206では、図17の動作フローに従って、2次元波形の時(S31)、そのピークの認識を行ってピーク数を算出し(S32)、(S33)、3次元のパターン図の時、そのパターン認識を行って形状判定を行う(S34)、(S35)。そして、その認識結果を記憶し(S36)、全ての解析出力に対する波形認識が終了しない間は次の解析出力を選択し(S37)、(S38)、全ての解析出力に対して波形認識が完了するとその結果を出力する(S39)。

【0078】次に、変調方式推定手段207では、図18の動作フローに基づき、波形認識手段206の結果を基にルールベース、即ち、あらかじめ記述した変調方式判定ルールの集りに従ってその変調方式を推定する(S40)。例えば、スペクトル解析波形のピーク数が2つ、I-Qパターンが円であると認識されたら2値FSKのルールが起動し、変調方式を2値FSKと推定する(S41)、(S42)。同様にBPSKのルールが起動した場合は変調方式をBPSKと推定し(S43)、(S44)、QPSKのルールが起動した場合は変調方式をQPSKと推定する(S45)、(S46)。そして、以上のような推定結果を変調方式決定内容として出力する(S47)。

【0079】さらに、変調諸元算出手段208では、図19の動作フローに従って、変調方式推定手段207で推定した変調方式に対して算出すべき変調諸元を設定し(S50)、波形認識手段206の出力を基に変調諸元としてセンター周波数、伝送量、周波数帯域等を算出し、出力する(S51)、(S52)、(S53)。

【0080】このように、上記実施例では、変調方式の判定を変調方式判定ルールに基づき行なうようにしたので、その変調方式を判定できるとともに、その細部諸元を出力できる。

【0081】なお、上記実施例では、解析すべき変調方式が既知の場合について示したが、図20に示すように変調方式推定手段207に、変調方式のルールを事例学習する学習機能210を加えた変調方式推定手段を用いることにより、上記実施例では不可能な、変調方式が未知の場合の通信波の場合についても、変調方式を推定する汎用自動通信波形解析装置として利用することもできる。

【0082】また、上記実施例では、受信信号で受信した解析対象波の変調方式および変調諸元を自動通信波形解析装置により解析するようにしたが、図21に示すように、この解析結果を解析復調装置260に入力するこ

とにより、変調方式が未知の場合の通信波の場合についても、その復調が可能な、汎用復調装置を得ることができる。

【0083】また、上記実施例では、受信波が通信波の場合について示したが、レーダ波の場合でもよく、図22に示すように、自動通信波形解析装置250内の変調方式推定手段207を探知目標識別手段211に、変調諸元算出手段208を目標諸元算出手段212に変更することにより、自動探知目標識別装置として利用することもできる。

【0084】また、上記各実施例では、通常のルールベースを用いることにより未知の通信波を解析する場合について説明したが、以下では、ファジィルールベースを用いてその変調方式を判定する場合について説明する。

【0085】図23はファジィルールベースを用いて変調方式を判定する、本発明のさらに他の実施例による汎用復調装置を示す。図において、301はアンテナ、302はアンテナ301で受信した信号を入力する受信機、303は受信機302の出力を入力し、受信信号の瞬時周波数を測定する周波数測定手段、304は周波数測定手段303で測定された瞬時周波数を入力しアンテナ301で受信した信号の変調方式を判別する変調方式判別手段、305は変調方式判別手段304の出力で制御され、受信機302の出力をいずれかの復調器に出力するスイッチ、306は復調する対象の変調方式がそれぞれ異なりスイッチ305から入力された信号を復調する前記復調器である。

【0086】次いで動作について説明する。アンテナ301で受信された受信信号 $x(t)$ は、受信機302を経て、周波数測定手段303とスイッチ305に入力される。周波数測定手段303は、図24に示すように受信信号 $x(t)$ の半波長毎に時間 Δt を測定し、(7)式により瞬時周波数 Δf を計算する。

$$\Delta f = 1 / (2 \cdot \Delta t) \quad \dots (7)$$

【0087】計算された Δf は、変調方式判別手段304に入力される。変調方式判別手段304は、入力した瞬時周波数 Δf を用いて受信信号 $x(t)$ の変調方式を判別する。

【0088】図24にその方式判別手段の動作を示す。まず、S61では瞬時周波数 Δf を入力する。次にS62では、入力した瞬時周波数 Δf とあらかじめ設定したグループの中心周波数 f_i の差をグループ分けの指標となるグループ i の隣接グループとの周波数 f_c で規格化する。その規格化値 S は(8)式で求める。

$$S = 1 - (|f_i - \Delta f| / f_c) \quad \dots (8)$$

【0089】 f_i ：グループ i の中心周波数
規格化値 S は、次の条件を満足しなければならない。

$$|f_i - f_c| < \Delta f < f_i + f_c \quad \text{の時} \quad 0 \leq S \leq 1$$

【0093】ここで、 $S=1$ の場合測定した瞬時周波数はグループiの中心周波数と一致していることを示し、 $S=0$ の場合は隣接したグループの中心周波数に一致したことを示す。

【0094】次に、表1に示すファジィルールと規格化値Sを用いて、測定した瞬時周波数が前回入力した瞬時周波数の属するグループと同じグループに属するかどうか*

*かを判定する。表1のファジィルールで用いられている曖昧な表現として「だいたい同じ」、「似ている」、「似ていない」がある。この表現を先の規格化値Sにグレードをつけてメンバーシップ関数とし、例えばそれぞれを以下のファジィ集合で設定する。

【0095】

【表1】

表1. 変調方式判別手段でグループ判別に用いるファジィ推論ルール

番号	ファジィルール
R1	もし、測定結果が前回の結果が属するグループとだいたい同じなら、前回と同じグループ
R2	もし、測定結果が前回の結果が属するグループと似ていて、次の測定結果も似ているなら、前回と同じグループ
R3	もし、次の測定結果が前回の結果が属するグループとだいたい同じなら、今回は前回と同じグループ
R4	もし、次の測定結果が前回の結果が属するグループと似ていて、次々回の測定結果も似ているなら、今回は前回と同じグループ
R5	もし、今回の測定結果と次の測定結果が前回の結果が属するグループに似ていないなら、違うグループ

【0096】

だいたい同じ = $\{0/0.6 \quad 0.5/0.8 \quad 1/1\}$

似ている = $\{0/0.3 \quad 1/0.7 \quad 1/1\}$

似ていない = $\{1/0.6 \quad 0.5/0.25 \quad 0/0.5\}$

【0097】各ファジィ集合内は、“グレード/規格化値S”を表す。図26にこれらを図式化して示す。図26は各図とも縦軸がグレード、横軸が規格化値Sを示している。図26(a)は「だいたい同じ」のメンバーシップ関数、図26(b)は「似ている」のメンバーシップ関数、図26(c)は「似ていない」のメンバーシップ関数である。また、各メンバーシップ関数を規格化値Sから導出する数式を各図の上に示す。各式において、Sは規格化値、Yはグレードをあらわす。

【0098】S63では、例えば表1のR1～R4の各ルールから周波数測定手段303から入力した瞬時周波数 Δf が前回のものと同一であるグレードa、表1のR5のルールからそうでない異なるグループに属するグレードbが計算される。例えばR1～R4の各ルールからグレードaを計算するには、各ルールの前件部の各要素毎のグレードを求め、このうち値の低い方をそのルールのグレードとし、対象となる全ルールのグレード計算

後、全グレードの中の最大値をグレードaとする。グレードbは対象のルールがR5のみなので、前件部の各要素から得られるグレードのうち低い方を用いる。

30 【0099】S64では、このグレードa、bを用いて瞬時周波数 Δf が前回のものと同一か否かを判定するもので、 $a > b$ ならば同一のグループと判定し、 $a < b$ ならば異なるグループと判定する。

【0100】異なるグループと判定した場合は、S65で更に設定済みのどのグループに属するかを、例えば表2に示すR6～R15の各ファジィルールを用いて判定する。ここでは、設定済みの各グループに属するグレードをS63と同様に、グループ毎にR6～R15の各ルールを用いて先のグレードaの計算と同じ要領で計算し、グループ毎に得られたグレードのうち最大のグレードが得られたグループに属すると判定する。

【0101】

【表2】

表2. 変調方式判別手段でグループ選択に用いるファジィ推論ルール

番号	ファジィルール
R 6	もし、今回の測定結果がグループiにだいたい同じで、次回の測定結果がグループiに似ているなら、今回はグループi。
R 7	もし、今回の測定結果がグループiにだいたい同じで、次々回の測定結果がグループiに似ているなら、今回はグループi。
R 8	もし、今回の測定結果がグループiに似ていて、次回の測定結果がグループiとだいたい同じなら、今回はグループi。
R 9	もし、今回の測定結果がグループiに似ていて、次回の測定結果もグループiに似ていて、次々回の測定結果もグループiに似ているなら、今回はグループi。
R 10	もし、次回の測定結果がグループiに似ていて、次々回の測定結果がグループiとだいたい同じなら、今回はグループi。
R 11	もし、次回の測定結果がグループiにだいたい同じで、次々回の測定結果がグループiに似ているなら、今回はグループi。
R 12	もし、次回の測定結果がグループiに似ていて、次々回の測定結果もグループiに似ていて、次々回のさらに次の回の測定結果もグループiに似ているなら、今回はグループi。
R 13	もし、次回の測定結果がグループiにだいたい同じで、次々回のさらに次の回の測定結果がグループiに似ているなら、今回はグループi。
R 14	もし、次回の測定結果がグループiに似ていて、次々回の測定結果がグループiとだいたい同じなら、今回はグループi。
R 15	もし、次回の測定結果がグループiに似ていて、次々回のさらに次の回の測定結果がグループiとだいたい同じなら、今回はグループi。

【0102】S66は、S64で同一グループと判定した場合あるいはS65の処理の後に実行される。S66では上述のS61～S65の処理を規定回数n回実行したかを判定する(S65)。規定回数nはあらかじめ設定しておく。ここでS61～S65の処理が規定回数n未満なら次の瞬時周波数を周波数測定手段303から入力し、S61の処理から再実行する。逆に規定回数Δn以上であれば、S67の処理を実行する。

【0103】S67では入力したn個の瞬時周波数Δfが属すると判定したグループの数uからスイッチ5を制御する。

【0104】グループ数uと変調方式には密接な関係があり、この関係に基づいてグループ数uに合った復調器をスイッチ305により選択するように制御信号cをスイッチ305に出力する。

【0105】図27にその選択に関する動作フローを示す。まず、初期設定を行ない(S71)、グループ数uが2ならば2値FSK復調器を選択する制御信号cを出力する(S72、S73)。

【0106】また、グループ数uが4ならば4値FSK復調器を選択する制御信号cを出力する(S74、S75)。

【0107】また、グループ数uが8ならば8値FSK

復調器を選択する制御信号cを出力する(S76、S77)。

【0108】スイッチ305は変調方式判別手段304より入力した制御信号cに従って、対応する復調器に受信機302からの信号が流れるようにスイッチングを行う(S78)。

【0109】このように、上記実施例では、受信した通信信号の瞬時周波数の周波数分布状況からファジィ推論により変調方式を判別するようにしたので、FSK系の細部変調諸元の解析が可能となり、受信した通信信号の変調方式が既知、未知にかかわらず、その変調方式に応じた復調器を選択して自動的に復調を行なことが可能となる。

【0110】なお、上記実施例では、周波数測定手段でアナログ的に周波数を測定する例を示したが、デジタル的に測定しても良い。図28にデジタル的に周波数を測定する周波数測定手段を用いた実施例を示す。307は受信機302の出力信号をデジタル信号に変換するA/D変換器、308はA/D変換器307の出力信号の周波数を測定する周波数測定器であり、他は上記実施例と同じである。

【0111】次に動作について説明する。A/D変換器307は受信機302の出力信号x(t)の周波数を2倍

以上の周波数でサンプリングを実施し、アナログ信号をデジタル信号に変換する。周波数測定器308は、A/D変換器307の出力信号の振幅変化から符号の変換するポイントを推定し、このポイント間の時間から瞬時周波数 Δf を計算する。

【0112】また、上記実施例では瞬時周波数の計算を入力信号の波長から求める方法を用いたが、高速フーリエ変換法や最大エントロピー法であっても良く、上記実施例と同様の効果を奏する。

【0113】上記各実施例では、未知の通信波の変調方式の判定に、ファジィルールベースを使用するものとしたが、ニューラルネットワークを使用して変調方式を判定することも可能である。

【0114】図29はニューラルネットワークを使用して変調方式を判定する本発明のさらに他の実施例における通信波形解析装置を示す。図において、401は解析対象波、404は解析対象波401の位相を解析する位相解析手段、405は位相解析手段404の位相解析結果よりIQパターンを生成するIQパターン生成手段、406はIQパターン生成手段405により生成されたIQパターンより解析対象波の種類を認識するニューラルネットワーク認識手段、407はその認識結果出力である。

【0115】次いで動作について説明する。解析対象波401は位相解析手段404に入力される。位相解析手段404は、解析対象波401のベースバンド帯でのI信号、Q信号を生成する。IQパターン生成手段405は、位相解析手段404からI信号、Q信号を入力し、I信号の位相振幅チャンネルをX軸、Q信号の位相振幅値をY軸としてI信号、Q信号各々の位相振幅値をXY座標として、XY平面上に展開するIQパターンを生成する。

【0116】図30にIQパターンを生成した場合の一例を示す。図30(a)は解析対象波1がFSK変調信号の場合であり、図30(b)は解析対象波401が2相PSK変調信号の場合であり、図30(c)は解析対象波401が4相PSK変調信号の場合であり、図30(d)は解析対象波401が $\pi/4$ シフトPSK変調信号の場合であり、図30(e)は解析対象波401が16QAMの場合である。以上のように、IQパターンはFSK変調系の信号であれば円形であり、PSK変調系の信号であれば変調諸元毎に特徴のある形状を示すことがわかる。従って、このIQパターン形状を認識すれば変調方式の認識ができる。

【0117】ニューラルネットワーク認識手段406は、IQパターン生成手段405よりIQパターンを入力し、これをニューラルネットワークの入力層に入力する。図31にニューラルネットワーク認識手段で用いるニューラルネットワークの一例として3層で構成されるニューラルネットワークを示す。まず入力層406aの

ユニット数であるが、入力するIQパターンがXY平面上で $S \times S$ のマトリックス構造とすると、これを図に示すように一次元に展開し、 $S \times S$ 個のユニットで構成される。中間層406bは、N個のユニットで構成され、学習時に最適な数に調整され、各ユニットは入力層と出力層それぞれに接続されており各層間の各ユニット間を接続するシナプスの接続の強さは学習により調整される。学習は入力層に認識すべきデータを例示的に与え、これに対して出力層に現れる出力を正解と照合してシナプスの重みを順次変化させる、いわゆるバックプロパゲーションアルゴリズムにより行なう。出力層406cはM個のユニットにより構成され、出力に必要な情報に応じてMは決定されるが、ここでは一例として図29で示したIQパターンの数と同じ5ユニットの例を示す。出力層の各ユニットは図30において入力したIQパターンがFSK変調信号によるものであれば左端が最大の出力値を示し、2相PSK変調信号であれば左から2番目のユニットが最大出力値を示し、以降順に入力した信号の変調方式毎に最大出力値を示すユニットが1対1の関係で対応する。

【0118】ニューラルネットワーク認識手段406の認識結果出力407は、該ニューラルネットワーク認識手段406の出力層で最大の出力値をもつユニットより認識結果として入力信号の変調方式情報を出力する。

【0119】このように、上記実施例では、IQパターンをニューラルネットワーク認識手段で認識することにより、変調方式を判別するようにしたので、 S/N 比が例えば10dB等の高雑音下でもFSKとPSKの区別ができるとともに、PSK変調系の細部変調諸元の区別ができる。

【0120】なお、上記実施例では、入力層、中間層、出力層の3層構造によりパターン認識を行なうニューラルネットワーク認識手段を示したが、中間層は2層以上であってもよく、また、ニューラルネットワーク認識手段はバックプロパゲーション以外の認識アルゴリズムによるものであってもよいことは言うまでもない。

【0121】また、上記実施例では、通信波のFSK変調系とPSK変調系の区分とPSK変調の細部変調諸元を区分する方式について例を示したが、本装置にFFT変換装置402を併設することにより、FSK変調信号の細部変調諸元も同時に区分することができる通信波形解析装置を構築できる。図32に本装置の一実施例を示す。

【0122】図32において、408はニューラルネットワーク認識手段406からFFT変換装置402に対する起動要求である。他は上述の実施例と同じである。

【0123】次に動作について説明する。起動要求信号408はニューラルネットワーク認識手段406の認識結果がFSK変調系である場合に出力される。起動要求信号408が出力されるとFFT変換装置402が起動

し、従来方式と同様に対象解析信号401のスペクトル解析が実施され、FSK変調系信号の細部変調諸元を区分する。

【0124】また、上記実施例では、通信波の変調認識機能について説明したが、本装置に解析復調装置409を接続することにより、未知の変調方式の通信波に対する汎用復調方式としても利用することができる。図33に本装置の一実施例を示す。

【0125】図33において、409は解析復調装置であり、FFT変換装置402とニューラルネットワーク認識手段406との両者に接続しており、他は上記実施例と同じである。

【0126】次に動作について説明する。解析復調装置409はFFT変換装置402から周波数に関する情報と解析対象信号401がFSK変調系であった場合の細部変調諸元を入力し、ニューラルネットワーク認識手段406から解析対象信号401がPSK変調信号であった場合の細部変調諸元を入力し、各々の入力情報から最適な復調処理を実施する。

【0127】さらに、図34に示すように、ニューラルネットワーク認識手段406の出力および図23の変調方式判別手段の出力をファジィ推論装置410に入力することにより、解析対象信号401がFSK変調系であった場合の細部変調諸元および解析対象信号401がPSK変調信号であった場合の細部変調諸元を総合的に判断して最も確からしい判定結果を最終判定出力410として出力することができる。

【0128】さらに、図35に示すように、図34のファジィ推論装置410の出力に応じて解析復調装置412を制御することにより、解析対象信号401がFSK変調系であった場合の細部変調諸元および解析対象信号401がPSK変調信号であった場合の細部変調諸元を総合判断して、それに応じた復調を実行できる汎用復調装置を得ることができる。

【0129】図36はこのように、ファジィ推論でFSK系の細部変調諸元を識別し、ニューラルネットワーク認識手段によりPSK系の細部変調諸元を識別し、その両者の識別結果をファジィ推論装置410により総合判断する通信波形解析装置の動作を示すもので、まず、ニューラルネットワーク認識手段406にIQパターン、変調方式判別手段304に周波数データをそれぞれ入力し(S81)、ニューラルネットワーク認識手段406によりPSK系の細部変調方式を認識するとともに変調方式判別手段304によりFSK系の細部変調方式を認識し(S82)、これ以後は、通常ファジィ推論によりニューラルネットワーク認識手段406や変調方式判別手段304の出力にランク付けを行ない、そのうちの最も確からしいものを最終の判定出力として出力する。即ち、ファジィ推論によりグレード値を計算し(S83)、属するグループが前回のグループと同一か否かの

判定を行ない(S84)、(S85)、以上の処理を規定回数実行したかを判定し(S86)、規定回数を実行した段階で判定出力を外部に出力する(S87)。

【0130】また、図37に示すように、ニューラルネットワーク認識手段がFSK系と認識した場合はその認識出力によりFFT変換装置を駆動し、ニューラルネットワーク認識手段の認識結果およびFFT変換装置の変換出力をファジィ推論装置に入力して総合的な判断を行なうようにしてもよく、上記実施例と同様の効果を奏する。

【0131】

【発明の効果】以上のように、この発明に係る汎用復調装置によれば、変調認識手段を設け、受信信号の変調方式を自動的に認識し、認識した変調を復調する復調器を選択して受信信号を復調するように構成したので、送信側の変調方式が未知の場合や、送信側が任意に変調方式を変更した場合でも受信側は受信した信号を正確に復調でき、情報を収集できるという効果がある。

【0132】また、この発明に係る汎用復調装置によれば、受信信号の位相を90度ずらした信号が移相器により生成され、これと受信信号のそれぞれの包絡線が包絡線検波器により検波され、IQパターン計算手段によりそれぞれの検波後の位相レベルをXY軸とするIQパターン平面上に展開され、展開後、ピーク検出手段によりIQパターン上のピーク数が検出され、このピーク数により受信信号の変調方式を認識するようにしたので、変調方式の判別手法を実際に提供できる。

【0133】また、この発明に係る汎用復調装置によれば、包絡線検波器とIQパターン計算手段との間に、雑音除去手段と位相補正手段とを設けるようにしたので、受信機等の雑音レベルが上昇しても、雑音の影響は抑圧され、正確なピーク検出が可能となる。

【0134】また、この発明に係る通信波形解析装置によれば、受信信号の位相を90度ずらした信号が移相器により生成され、これと受信信号のそれぞれの包絡線が包絡線検波器により検波され、IQパターン計算手段によりそれぞれの検波後の位相レベルをXY軸とするIQパターン平面上に展開され、展開後、ピーク検出手段によりIQパターン上のピーク数が検出され、このピーク数により受信信号の変調方式を認識するようにしたので、変調方式の判別手法を実際に提供できる。

【0135】また、この発明に係る通信波形解析装置によれば、包絡線検波器とIQパターン計算手段との間に、雑音除去手段と位相補正手段とを設けるようにしたので、受信機等の雑音レベルが上昇しても、雑音の影響は抑圧され、正確なピーク検出が可能となる。

【0136】また、この発明に係る通信波形解析装置によれば、スペクトラム解析装置と位相解析装置を並列にエキスパート解析装置に接続するように構成したので、ノイズの多い通信信号でもFSK系とPSK系の変調諸

元の解析が実施できる。

【0137】また、この発明に係る通信波形解析装置によれば、スペクトラム解析装置としてFFT装置の他にMEM装置により到来通信波のスペクトラム解析を行なうようにしたので、変調諸元により判定のしやすさが異なるFSK系を正確に判定できる。

【0138】また、この発明に係る汎用復調装置によれば、スペクトラム解析装置、位相解析装置、及びエキスパート解析装置からなる通信波形解析装置を最適復調方式判定装置として用い、その判定結果に基づいて通信波をその変調諸元に応じた復調方式により復調するようにしたので、変調諸元が未知の通信波を復調することができる復調装置を実現できる効果がある。

【0139】また、この発明に係る通信波形解析装置によれば、受信信号のスペクトル分析、位相分析および周波数分析を行ない、その波形次元数からそのピーク数の算出あるいは波形パターンの形状判定を行ない、その算出あるいは判定結果に応じて、あらかじめ記憶された変調方式判定ルールに従って変調方式を推定するようにしたので、通信波の変調方式を自動的に解析でき、送信側が既知の変調方式を使用し、受信側では未知の変調方式であっても解析復調できる効果がある。

【0140】また、この発明に係る通信波形解析装置によれば、その変調方式判別ルールに事例学習する学習機能を設けたので、変調方式が未知の通信方式の場合でも、その変調方式を推定できる。

【0141】また、この発明に係る汎用復調装置によれば、上記変調方式判別ルールを用いて通信波形を認識する通信波形解析装置を、最適復調方式判定装置として用い、当該通信波形解析装置の判定出力に基づいて通信波を復調する手段を備えたので、解析専門家を必要とせず

にその復調が可能となる。

【0142】また、この発明に係る汎用復調装置によれば、周波数測定手段から受信信号の瞬時周波数を入力し、これをあらかじめ設定した周波数を中心周波数とするグループのいずれに属するかをファジィ推論により推定し、規定回数の繰り返し後、入力した瞬時周波数が属しているグループの数から受信信号の変調方式に対応した復調器に入力するようにしたので、送信側の変調方式が未知であっても、受信側は受信した信号を復調できる効果がある。

【0143】また、この発明に係る通信波形解析装置によれば、周波数測定手段から受信信号の瞬時周波数を入力し、これをあらかじめ設定した周波数を中心周波数とするグループのいずれに属するかをファジィ推論により推定するようにしたので、送信側の変調方式が未知であっても、受信側は受信した信号の変調方式を判別できる。

【0144】また、この発明に係る通信波形解析装置によれば、位相解析手段で解析対象信号の位相情報を抽出

し、これを用いてIQパターン生成手段により、IQパターンを生成し、この形状をニューラルネットワーク認識手段で認識することにより、解析対象信号の変調方式を自動的に認識し、FSK変調信号とPSK変調系信号の区分とPSK変調信号の細部変調諸元の解析が実施できる効果がある。

【0145】また、この発明に係る汎用復調装置によれば、位相解析手段で解析対象信号の位相情報を抽出し、これを用いてIQパターン生成手段により、IQパターンを生成し、この形状をニューラルネットワーク認識手段で認識することにより、解析対象信号の変調方式を自動的に認識でき、FSK変調信号とPSK変調系信号の区分とPSK変調手段の細部変調諸元の解析、復調が実施できる効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の一実施例によるデジタル通信受信装置の構成を示す図である。

【図2】この発明の一実施例によるデジタル通信受信装置の変調方式認識手段の一構成例を示す図である。

【図3】この発明の一実施例によるデジタル通信受信装置の変調方式認識手段のIQパターンの説明図である。

【図4】この発明の一実施例によるデジタル通信受信装置の変調方式認識手段のピーク検出手段の動作を示すフローチャートを示す図である。

【図5】この発明の一実施例によるデジタル通信受信装置の変調方式認識手段の他の構成例を示す図である。

【図6】図2に示すこの発明の一実施例によるデジタル通信受信装置の変調方式認識手段の雑音の影響を受けた場合のIQパターンを示す図である。

【図7】図5に示すこの発明の一実施例によるデジタル通信受信装置の変調方式認識手段の位相補正手段の動作を示すフローチャートを示す図である。

【図8】この発明の他の実施例による通信波解析装置を示すブロック図である。

【図9】FFT装置の出力の例を示す図である。

【図10】MEM装置の出力の例を示す図である。

【図11】位相解析装置の出力の例を示す図である。

【図12】この発明のさらに他の実施例による汎用復調装置を示すブロック図である。

【図13】この発明のさらに他の実施例による通信波形解析装置の構成図である。

【図14】この発明の一実施例による、自動通信波形解析装置の構成図である。

【図15】スペクトル解析結果出力の一例のスペクトル図である。

【図16】位相解析結果出力の一例のI-Qパターン図である。

【図17】波形認識手段の動作を示すフローチャート図である。

【図 18】変調方式推定手段の動作を示すフローチャート図である。

【図 19】変調諸元算出手段の動作を示すフローチャート図である。

【図 20】この発明のさらに他の実施例による汎用復調装置の構成図である。

【図 21】この発明のさらに他の実施例による自動通信波形解析装置の構成図である。

【図 22】この発明のさらに他の実施例による自動探知目標識別装置の構成図である。

【図 23】この発明のさらに他の実施例によるデジタル通信受信装置の構成図である。

【図 24】この発明の一実施例によるデジタル通信受信装置の周波数測定手段の周波数測定概念図である。

【図 25】変調方式判別手段の動作説明図である。

【図 26】変調方式判別手段でグループ判別に用いるファジィ推論用メンバーシップ関数を示す図である。

【図 27】変調方式判別手段のスイッチ制御動作説明図である。

【図 28】この発明のさらに他の実施例の周波数測定手段の構成図である。

【図 29】この発明のさらに他の実施例による通信波形解析装置の構成図である。

【図 30】I Q パターン生成手段が生成する I Q パターンで、変調方式毎の I Q パターンの一例を示す図である。

【図 31】この発明の実施例によるニューラルネットワーク認識手段で用いられるニューラルネットワークの構成図である。

【図 32】この発明のさらに他の実施例による通信波形認識装置の構成図である。

【図 33】この発明のさらに他の実施例による汎用復調装置の構成図である。

【図 34】この発明のさらに他の実施例による通信波形解析装置の構成図である。

【図 35】この発明のさらに他の実施例による汎用復調装置の構成図である。

【図 36】この発明のさらに他の実施例におけるファジィ推論装置の推論アルゴリズムを示す図である。

【図 37】この発明のさらに他の実施例による汎用復調装置の構成図である。

【図 38】従来のデジタル通信受信装置を示す構成図である。

【図 39】従来の波形解析装置を示すブロック図である。

【図 40】従来の変調方式判別手段の構成図である。

【符号の説明】

- 1 アンテナ
- 2 受信機

4 変調方式認識手段

5 スイッチ

6 それぞれ異なる変調信号を復調する第 1～第 N の復調器

7 移相器

8 a 包絡線検波器（第 1 の包絡線検波器）

8 b 包絡線検波器（第 2 の包絡線検波器）

9 I Q パターン計算手段

10 ピーク数検出手段

10 17 a 雑音除去フィルタ（第 1 の雑音除去フィルタ）

17 b 雑音除去フィルタ（第 2 の雑音除去フィルタ）

18 a 位相補正手段（第 1 の位相補正手段）

18 b 位相補正手段（第 2 の位相補正手段）

101 解析対象波

102 FFT 変換装置

103 FFT 変換出力

104 MEM 装置

105 MEM 出力

106 位相解析装置

107 位相解析出力

108 エキスパート解析装置

109 最適復調方式判定装置

110 解析復調装置

201 受信装置

202 スペクトル解析装置

203 位相解析装置

204 周波数解析装置

205 解析専門家

206 波形認識手段

207 変調方式推定手段

208 変調諸元算出手段

210 学習機能

211 探知目標識別手段

212 目標諸元算出手段

250 自動通信波形解析装置

260 解析復調装置

301 受信アンテナ

302 受信機

303 周波数測定手段

304 変調方式認識手段

305 スイッチ

306 復調器

307 A/D 変換器

308 周波数測定器

401 解析対象波

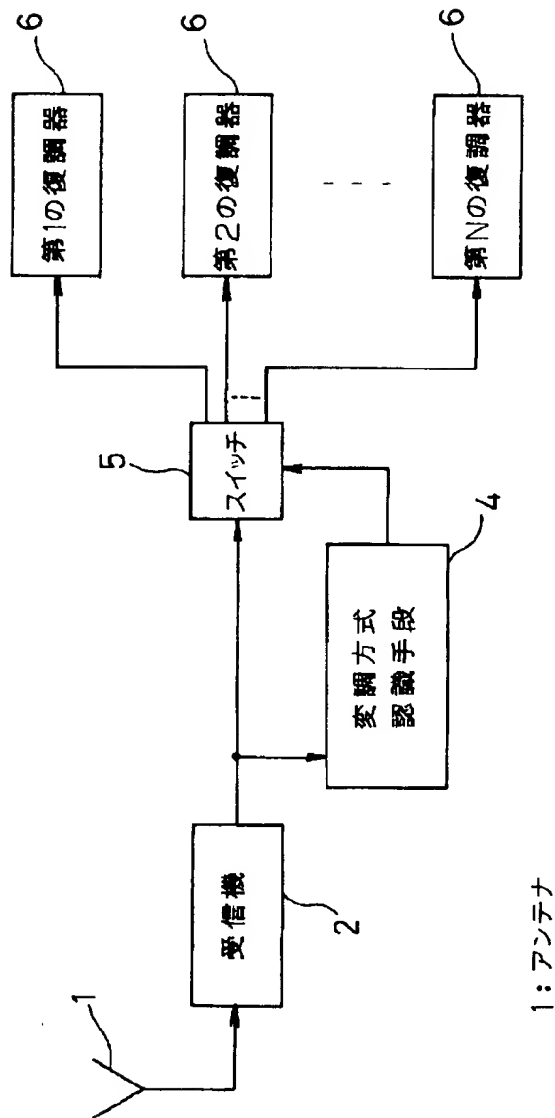
404 位相解析手段

405 I Q パターン生成手段

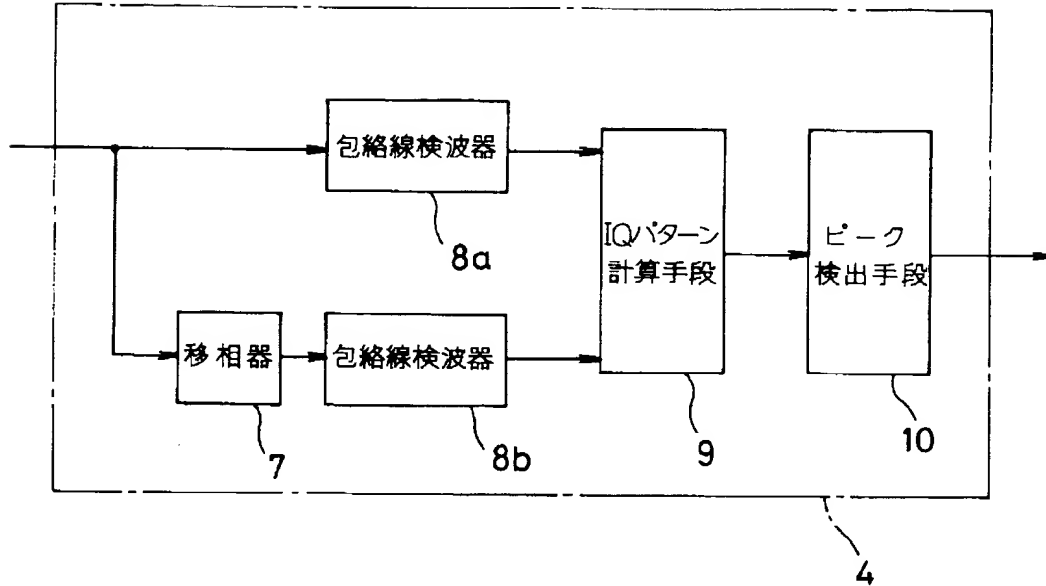
406 ニューラルネットワーク認識手段

407 認識結果出力

【図1】

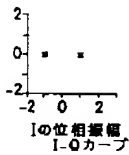


【図2】

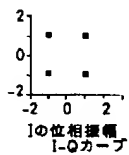
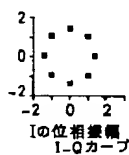


【図3】

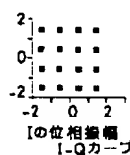
(a) BPSK



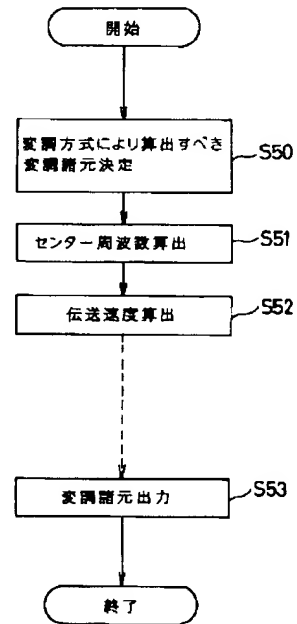
(b) QPSK

(c) $\frac{\pi}{4}$ シフト-PSK

(d) 16QAM

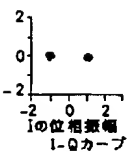


【図19】

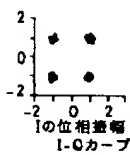
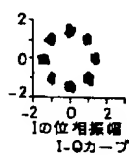


【図6】

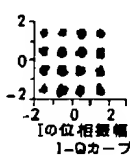
(a) BPSK



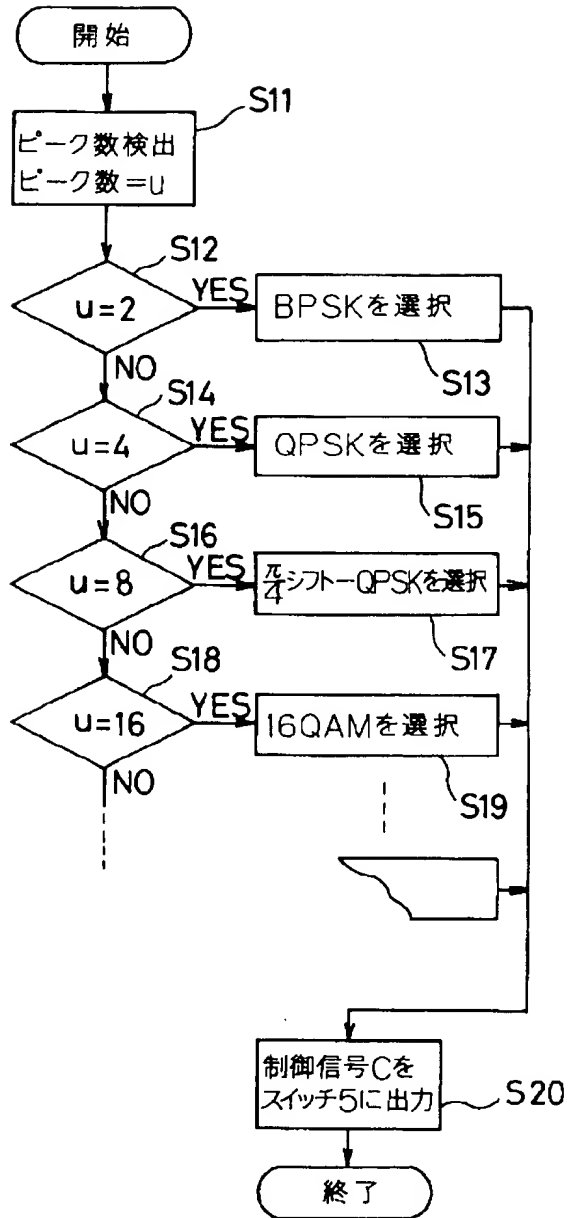
(b) QPSK

(c) $\frac{\pi}{4}$ シフト-PSK

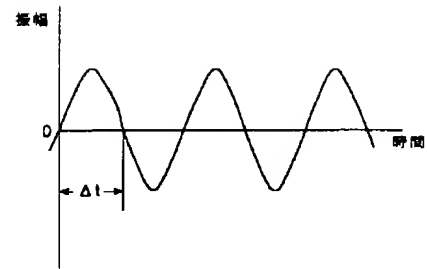
(d) 16QAM



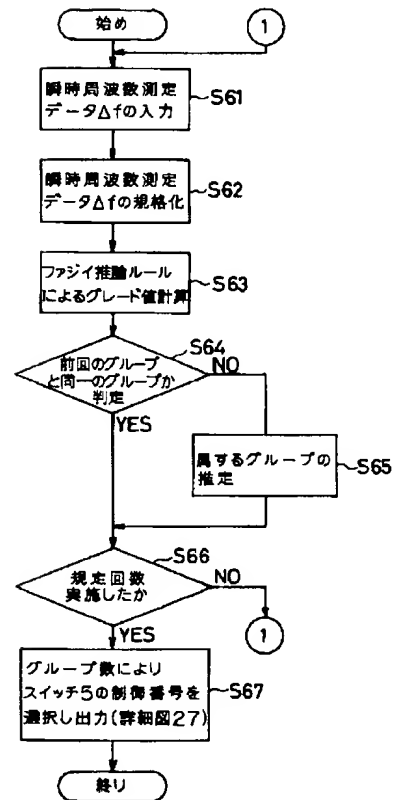
【図4】



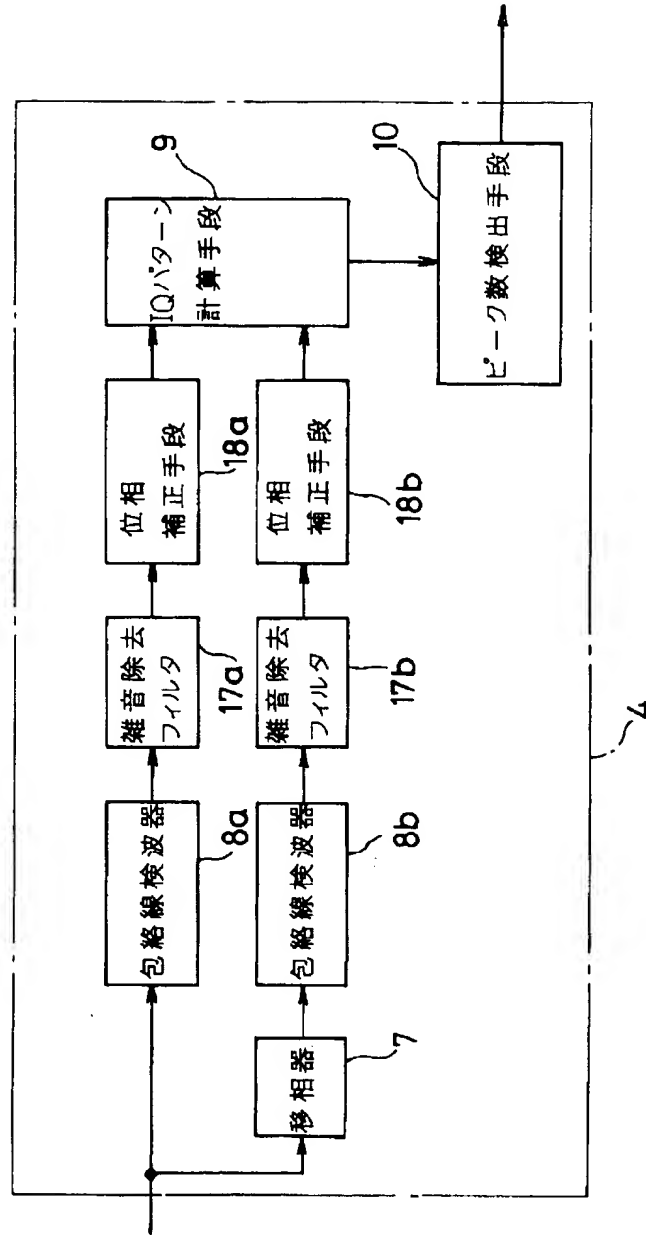
【図24】



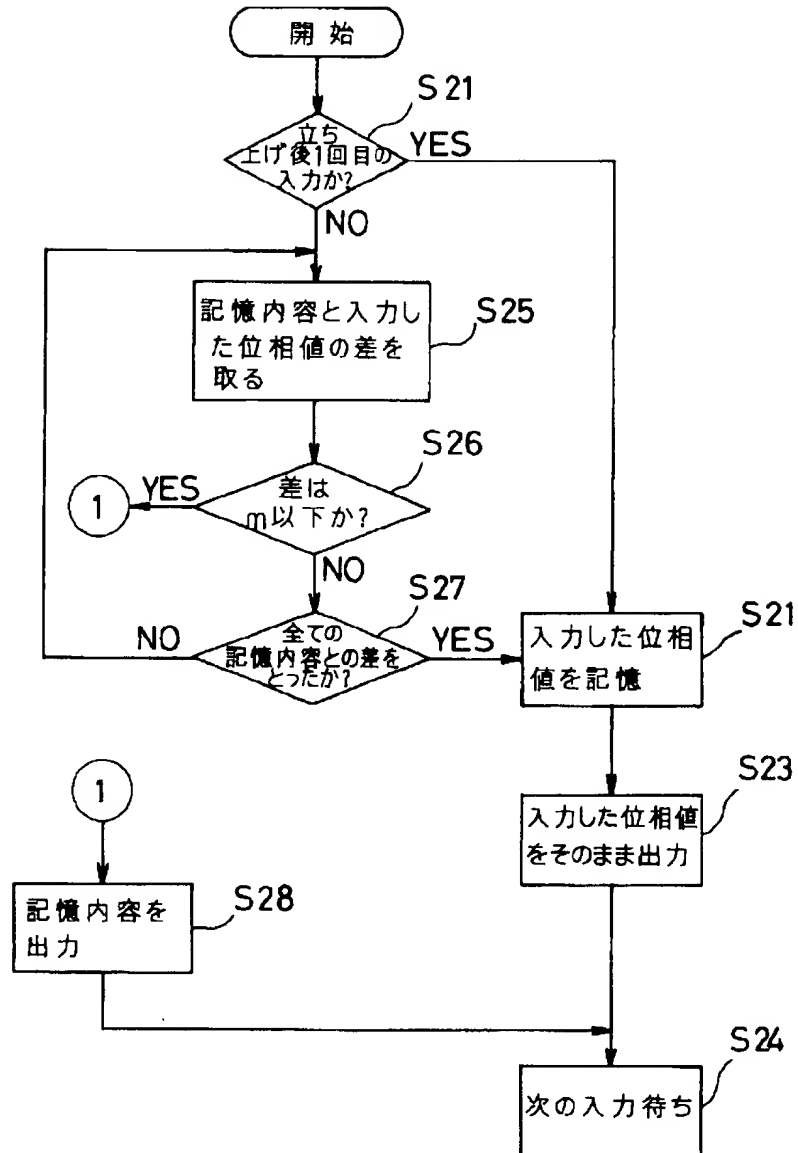
【図25】



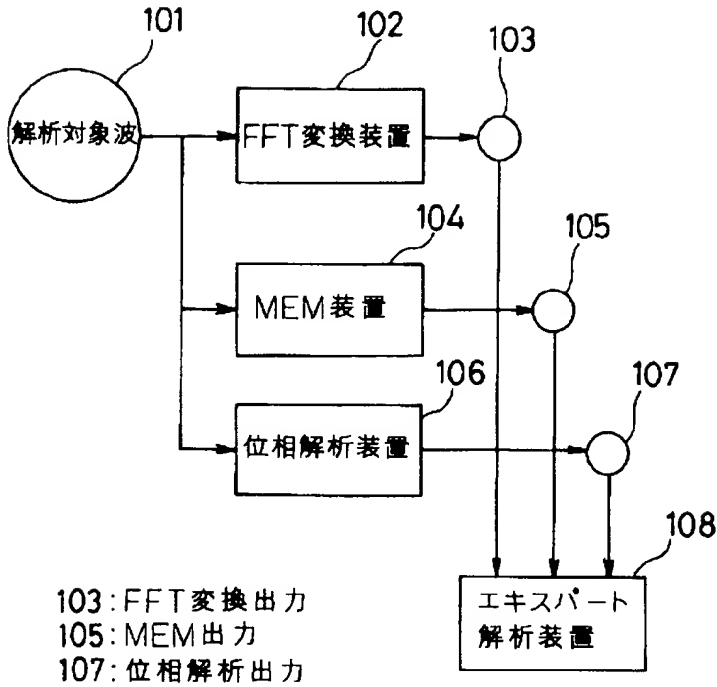
【図5】



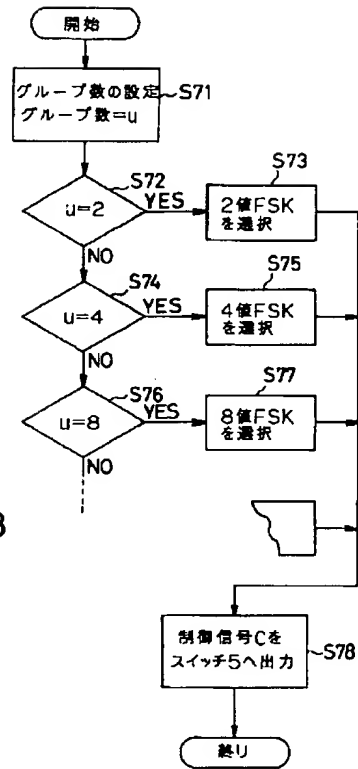
【図7】



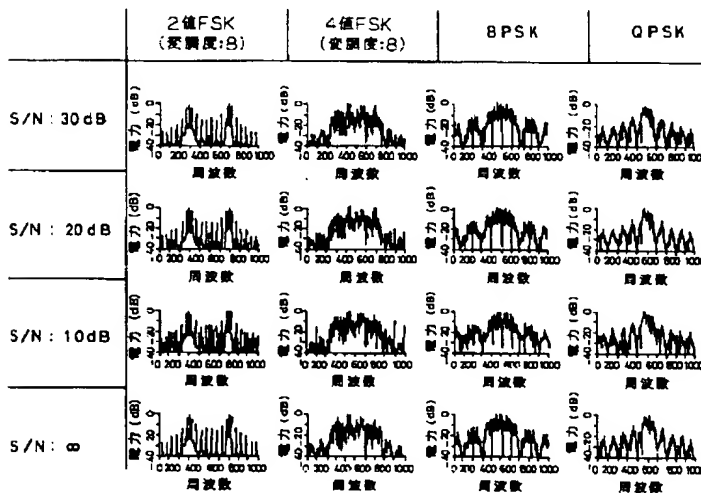
【図8】



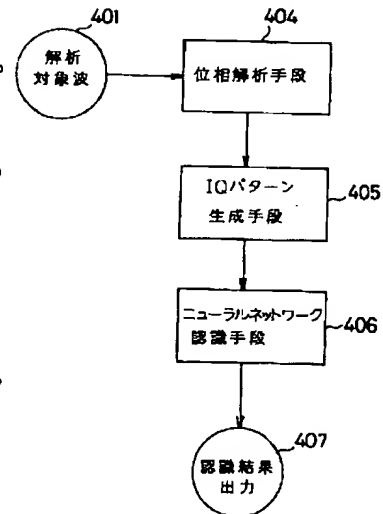
【図27】



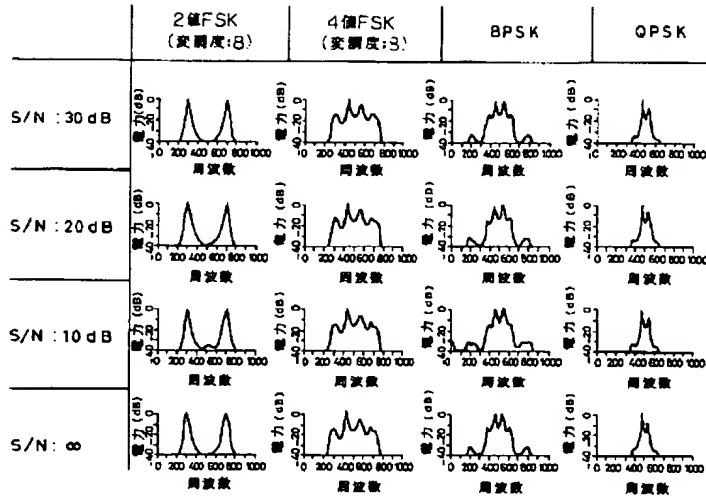
【図9】



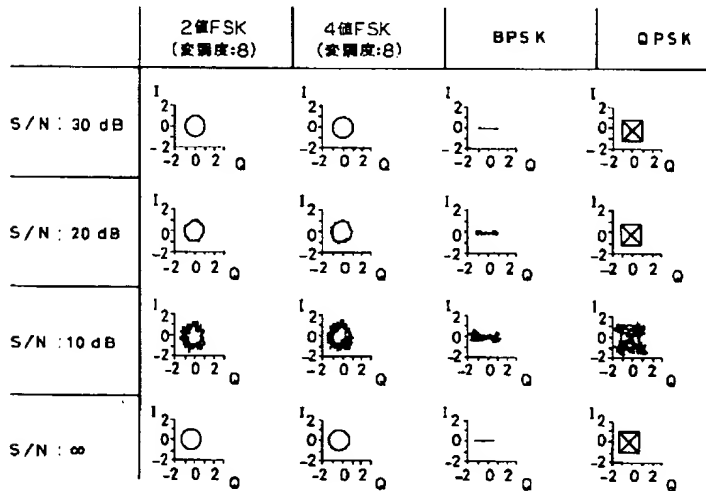
【図29】



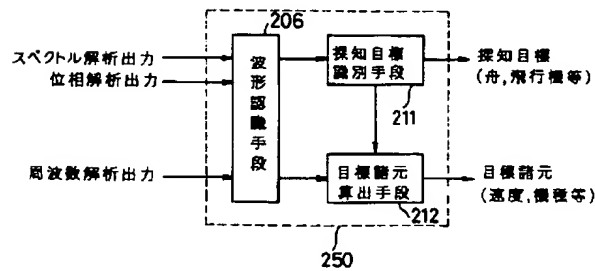
【図10】



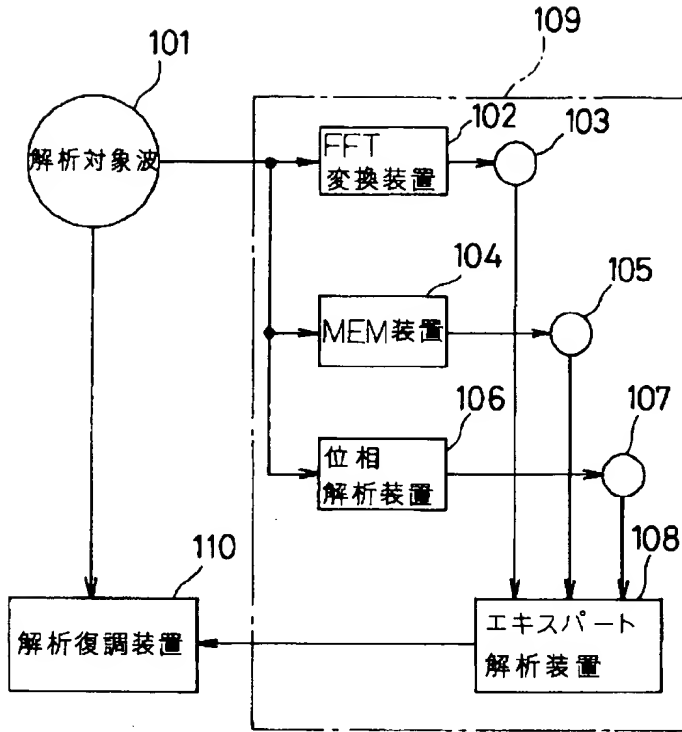
【図11】



【図22】

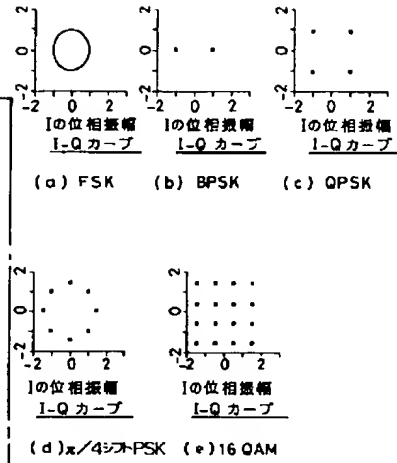


【図12】

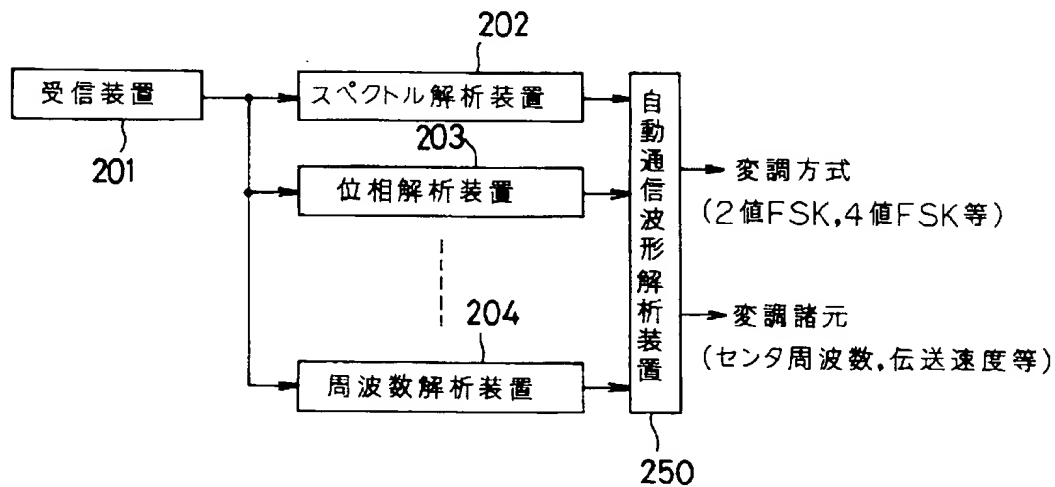


109: 最適復調方式判定装置

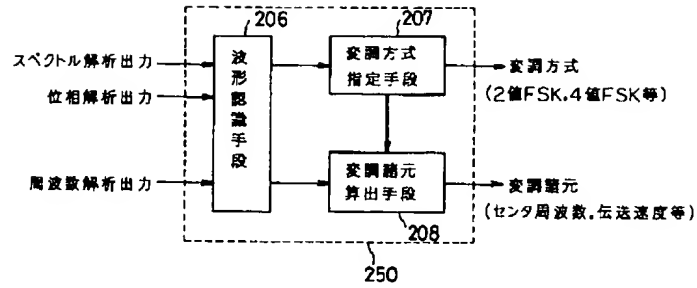
【図30】



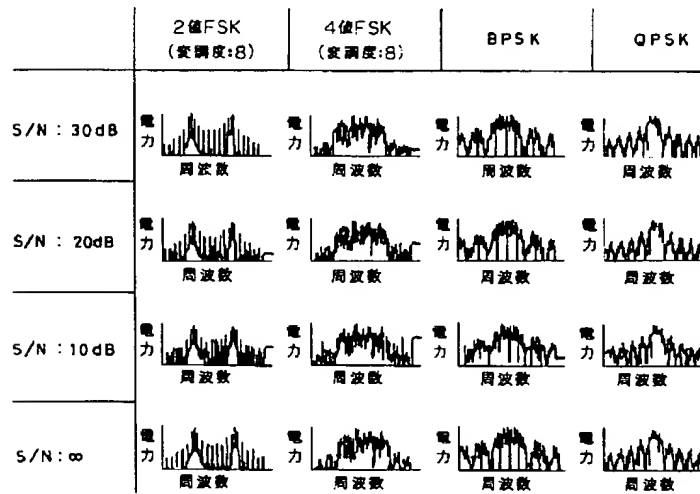
【図13】



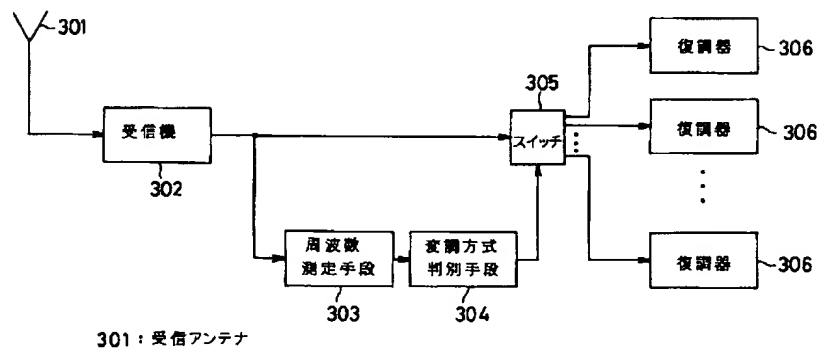
【図14】



【図15】



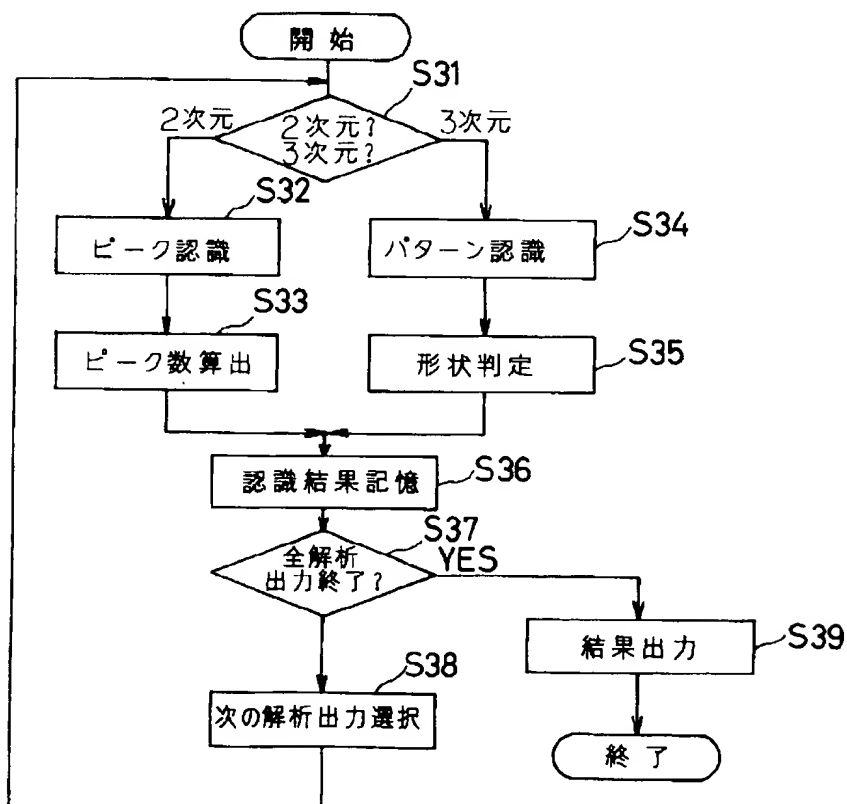
【図23】



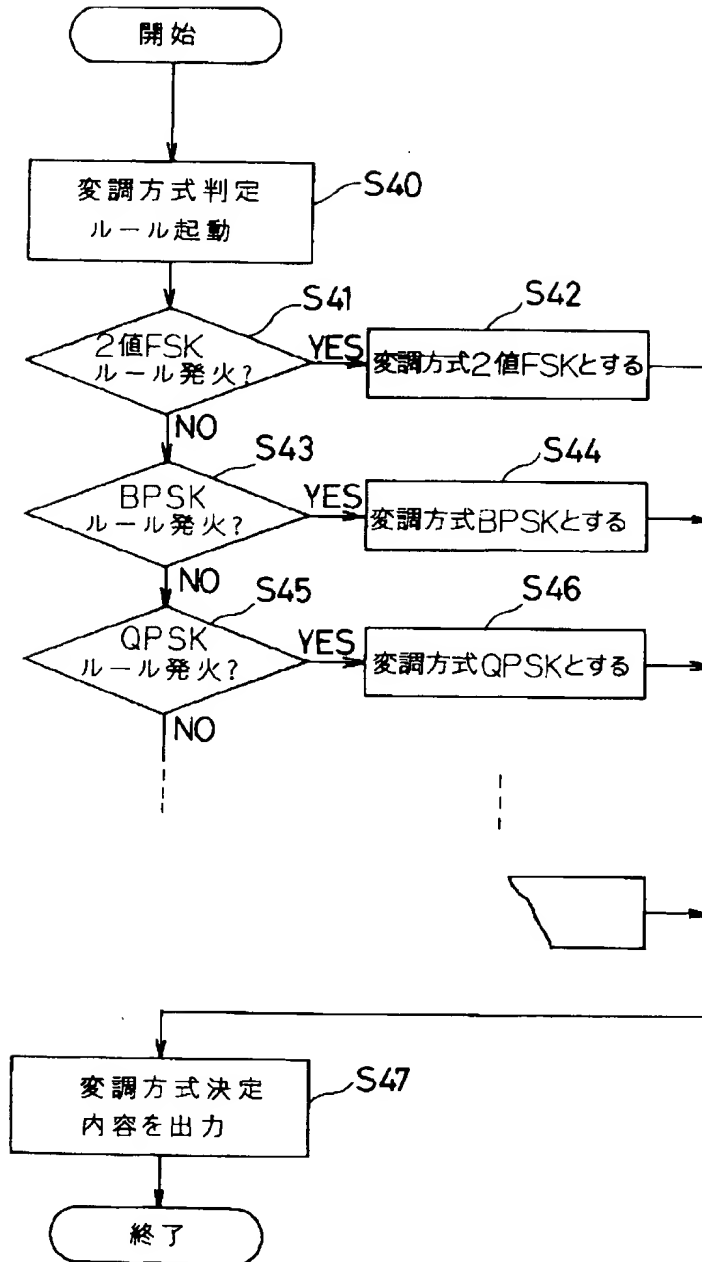
【図16】

	2値FSK (変調度:8)	4値FSK (変調度:8)	BPSK	QPSK
S/N : 30 dB				
S/N : 20 dB				
S/N : 10 dB				
S/N : ∞				

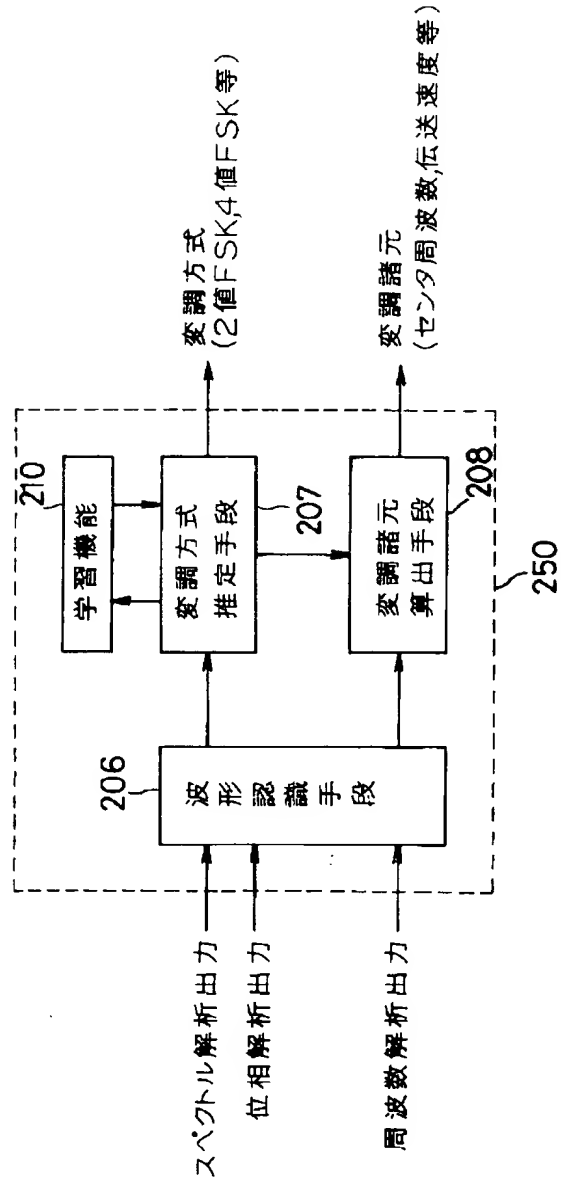
【図17】



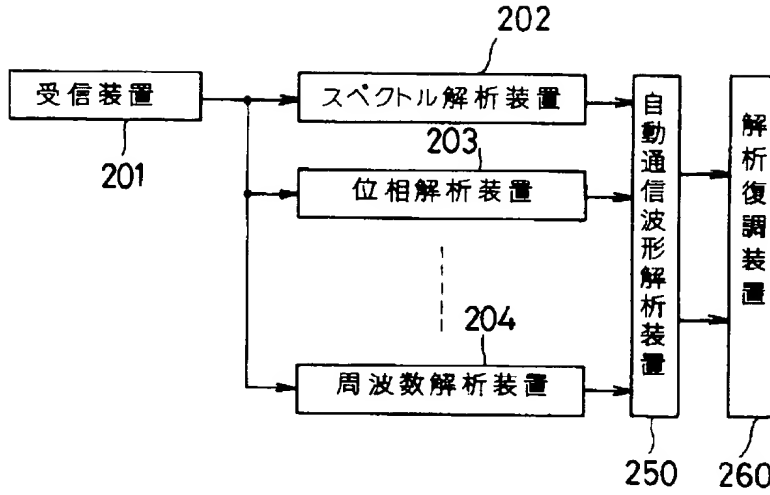
【図18】



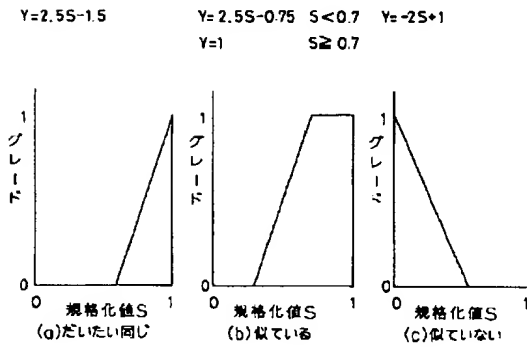
【図20】



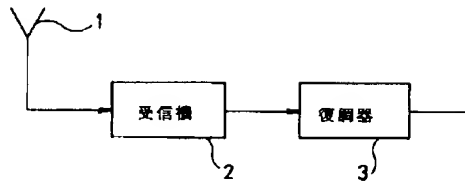
【図21】



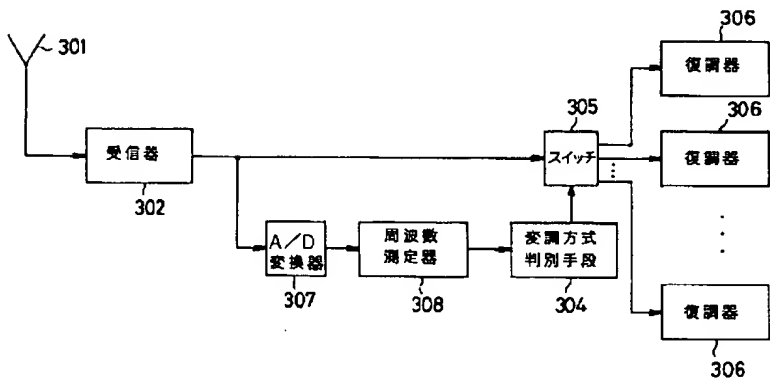
【図26】



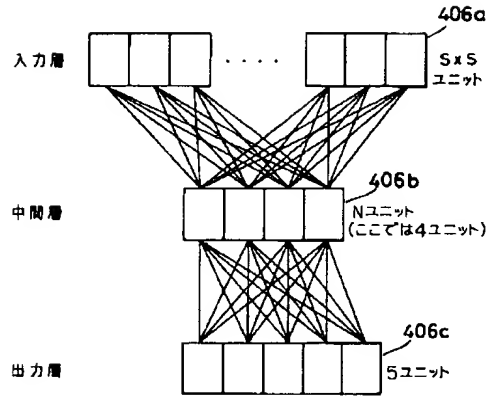
【図38】



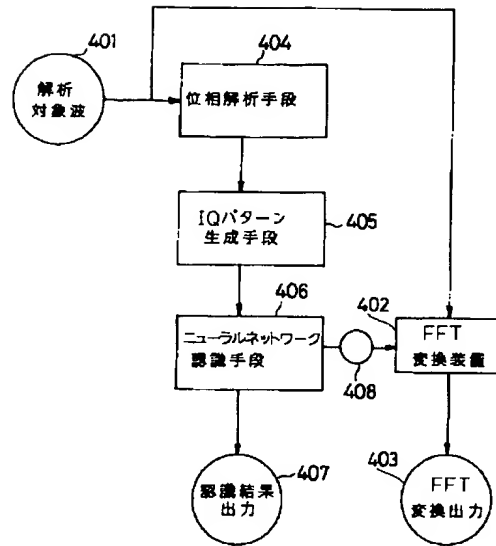
【図28】



【図31】

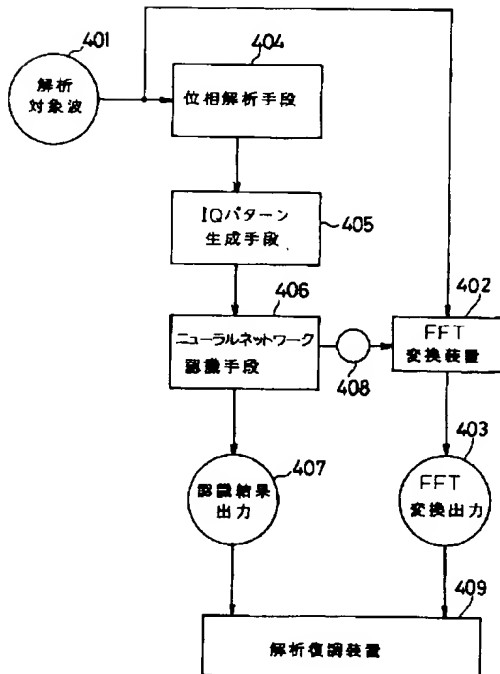


【図32】

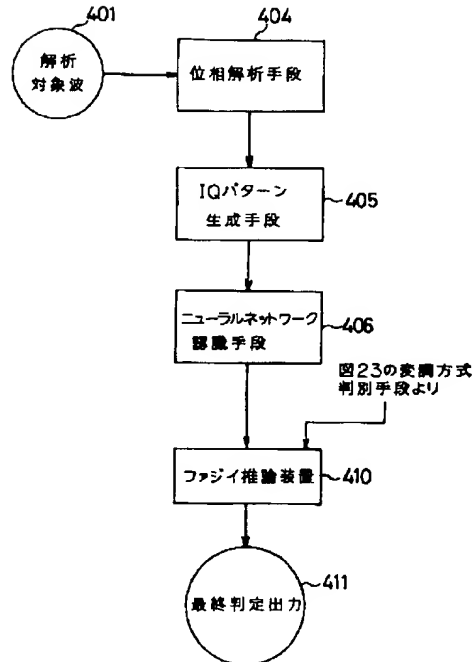


408: 起動要求

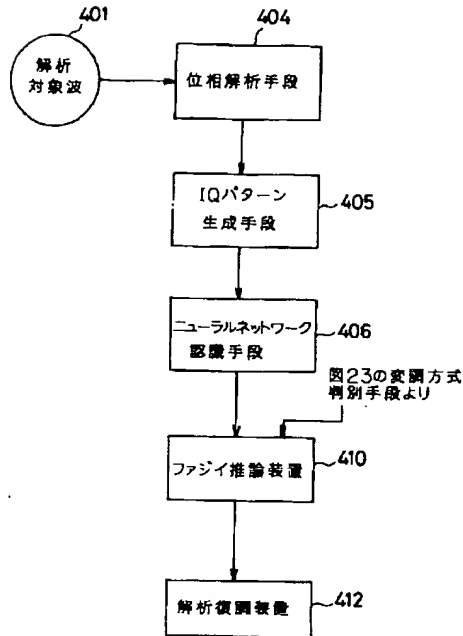
【図33】



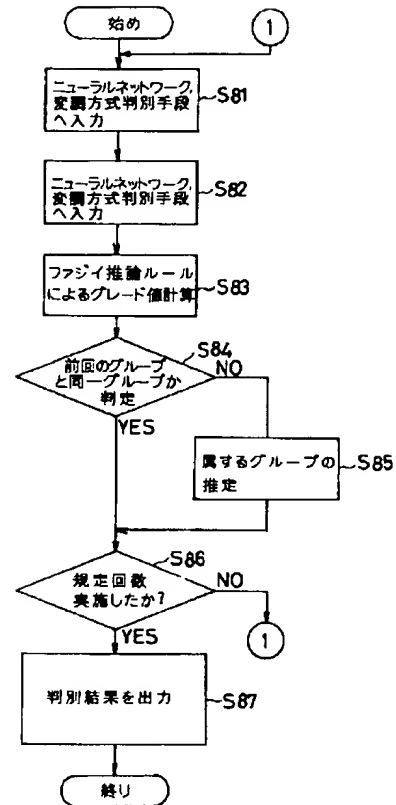
【図34】



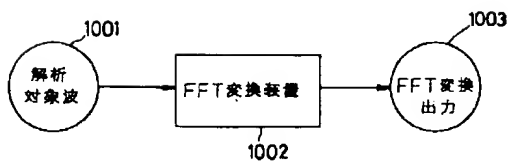
【図35】



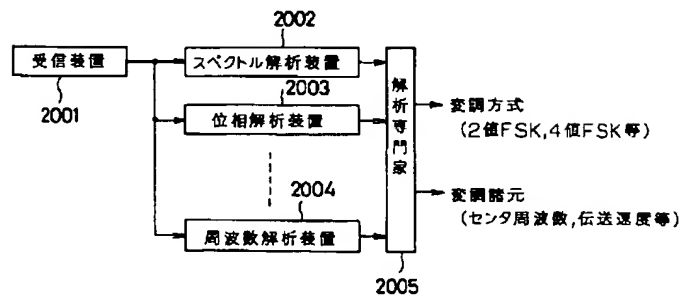
【図36】



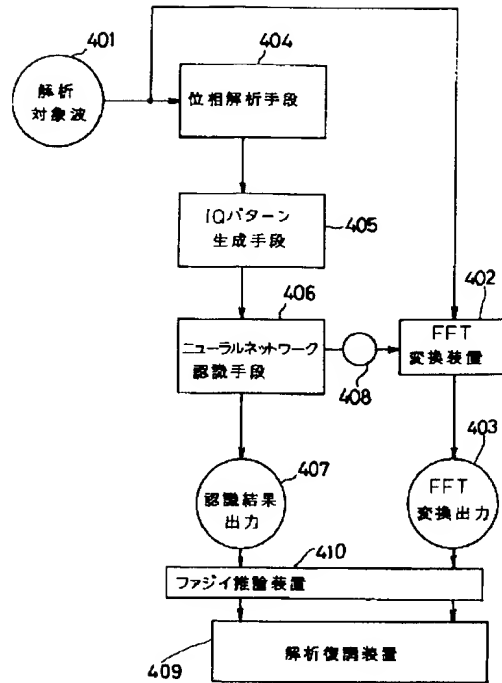
【図39】



【図40】



【図37】



フロントページの続き

- (31) 優先権主張番号 特願平3-160351
 (32) 優先日 平3(1991)7月1日
 (33) 優先権主張国 日本(JP)